KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

MEKANIKA TEKNIK

SEMESTER 2



Kelas X

Disusun Oleh:

Weni Murfihenni, ST., M.Pd

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (discovery learning) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (project based learning), dan penyelesaian masalah (problem solving based learning) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus dilakukan peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.
Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.
Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

KEGIATAN BELAJAR 7

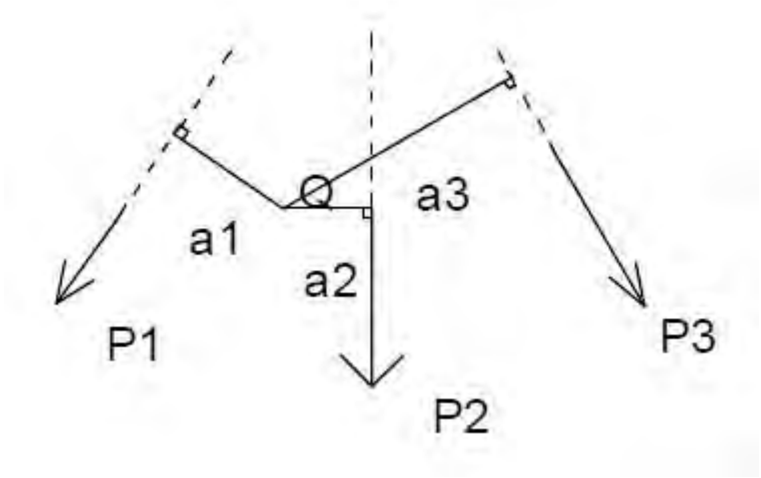
MENERAPKAN PERHITUNGAN MOMEN STATIS

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat menguasai pengertian momen statis dan menghitung momen statis terhadap titik atau garis

7.1 Pengertian Dasar

Momen statis adalah momen gaya terhadap sebuah titik atau terhadap garis. Diketahui tiga buah gaya P1, P2 dan P3 sebarang seperti pada gambar di bawah, kita dapat menentukan momen statis dari gaya-gaya P1, P2 dan P3 terhadap titik Q baik dengan cara analitis maupun cara grafis.



Cara analitis/hitungan :

Momen statis gaya P1 terhadap titik Q adalah – P1.a1

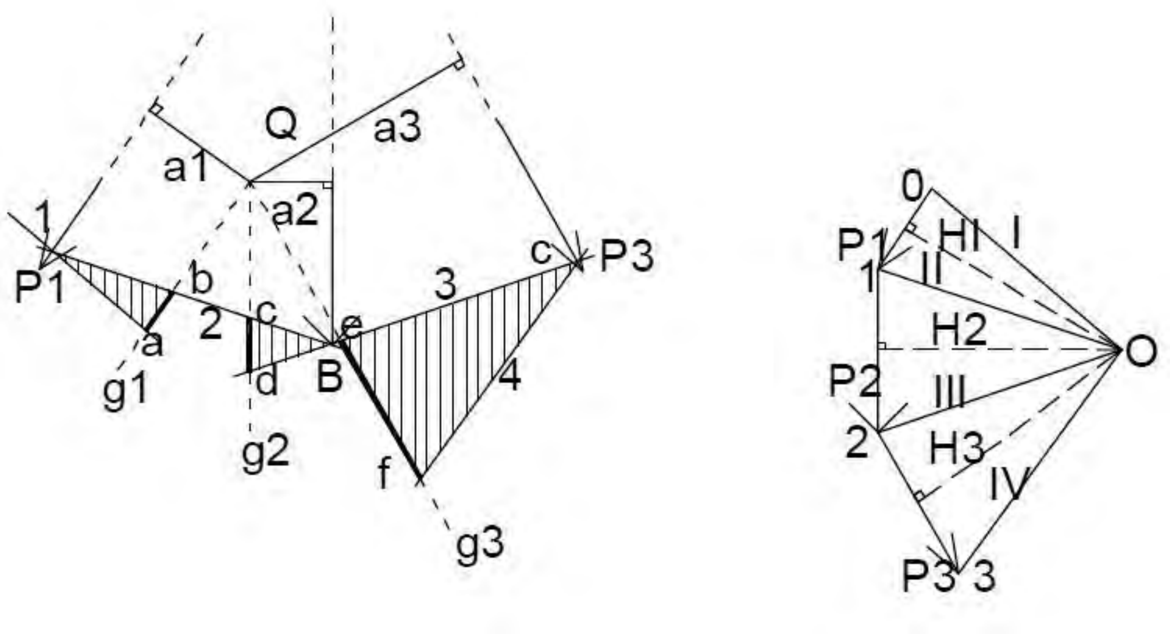
Momen statis gaya P2 terhadap titik Q adalah

+P2.a2. Momen statis gaya P3 terhadap titik Q

adalah +P3.a3.

Cara grafis/ lukisan :

Buatlah garis sejajar P1, sejajar P2 dan sejajar P3 melalui titik Q yaitu q1, q2, q3. Tentukan skala gaya dan buat lukisan segi banyak gaya P1, P2 dan P3 serta buat lukisan kuttub dengan titik kutub O.



Lukis garis 1 sejajar jari-jari kutub I hingga memotong garis kerja P1 di titik A kemudian perpanjang garis 1 hingga memotong g1 di titik a. Dari titik A lukis garis 2 sejajar jari-jari kutub II hingga memotong garis kerja P2 di titik B, memotong garis 2 di titik b serta memotong garis g2 di c. Dari titik B lukis garis 3 sejajar jari-jari kutub III hingga memotong garis kerja P3 di titik c, memotong garis g2 di titik d serta memotong garis p3 di titik e. Dari titik e lukis garis 4 sejajar jari-jari kutub IV hingga memotong garis

g3 di titik f. Lihat Δ Aab $\cong$ O01.

Sehingga : ab : P1 = a1:H1 (H1 = garis tinggi segitiga O01 dari titik O)

P1.a1=ab.H1

H1=-P1.a1.

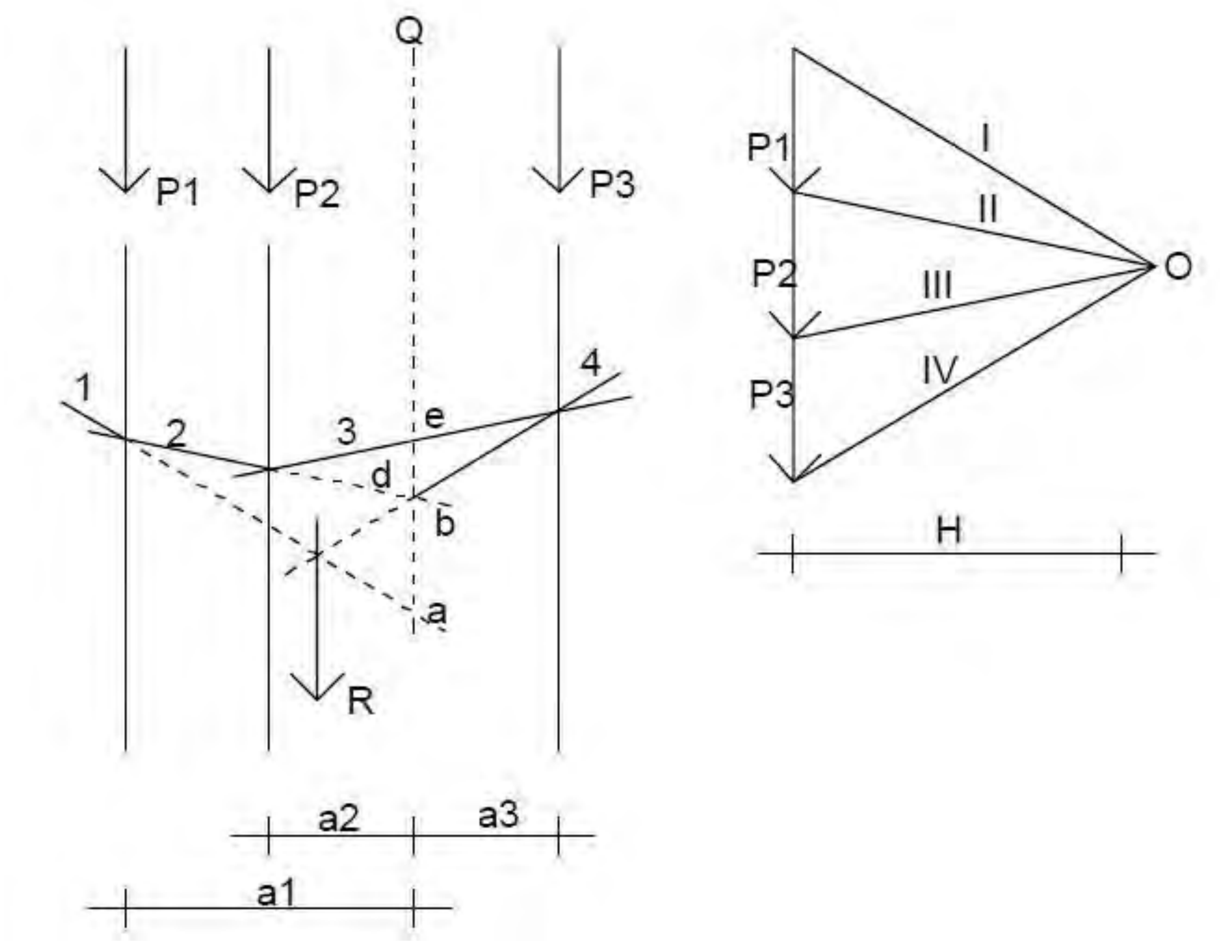
Dengan demikian H1 = -ab.H1.

Dengan mengukur panjang ab dikalikan dengan skala panjang dan mengukur H1 (=jarak kutub) dikalikan dengan skala gaya di dapat H1 =-ab.H1.

Dengan cara yang sama maka = H2 =+P2.a2=+cd.H2

H3 =+P3.a3=+ef.H3.

Apabila gaya P1, P2 dan P3 sejajar (seperti gambar) maka untuk menghitung momen gaya P1, P2, P3 terhadap titik Q adalah sebagai berikut :



Cara analisis/ hitungan :

Momen statisnya P1 terhadaptitik Q adalah –P1.a1. Momen statis gaya P2 terhadap titik Q adalah -P2.a2. Momen statis gaya P3 terhadap titik Q adalah +P3.a3

Cara grafis/lukisan :

Karena gaya P1, P2 dan P3 sejajar maka langsung saja perpanjang garis kerja gaya P1,P2, P3 dan buat garis g melalui Q sejajar garis kerja gaya P1, P2, P3 tersebut. Tentukan skala jarak dan skala gaya untuk membuat lukisan segi banyak/ poligon P1,P2, P3 serta untuk membuat lukisan kutub dengan titik kutub O untuk menentukan letak titik kutub O, ambil jarak H dengan bilangan yang bulat. Dengan

cara seperti uraian di depan maka akan di dapat :

H1 = -ob.H H2 = -bc.H

H3 = +cd.H

Momen H1 dan H2 negatif sedangkan momen H3 positip Momen positif bila pembocoran pada garis b-ca dilakukan dari atas ke bawah, misalnya cd.

Momen negatif bila pembacaan pada garis baca dilakukan dari bawah ke atas, misalnya ab.bc.

Perhatikan, tanda positif dan negatif ini berlaku bila kutub O terletak di sebelah kanan dari gaya-gaya P1, P2 dan P3 dalam gambar kutub.

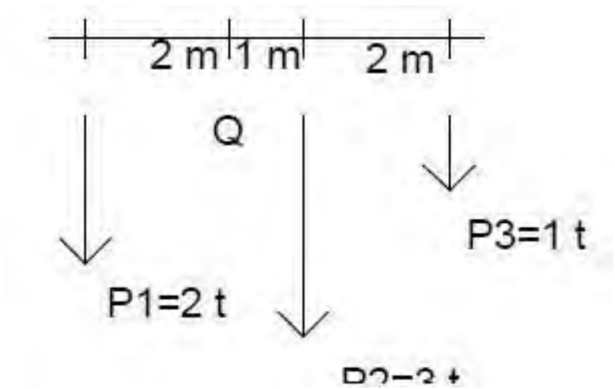
Supaya pembacaan dari jarak (kutub H dipermudah, hendaknya H dilukis sedemikian, sehingga H misalnya sama dengan 5 ton aau 10 ton dan sebagainya (bilangan bulat).

Bila dibaca momen dari resultan R terhadap Q maka MR = -ad.H.

Bila titik potong batang-batang awal dan akhir pada garis baca g yang melalui O, maka ad menjadi nol jadi MR = O. Disebut bahwa jumlah momen gaya-gaya terhadap Q ialah nol.

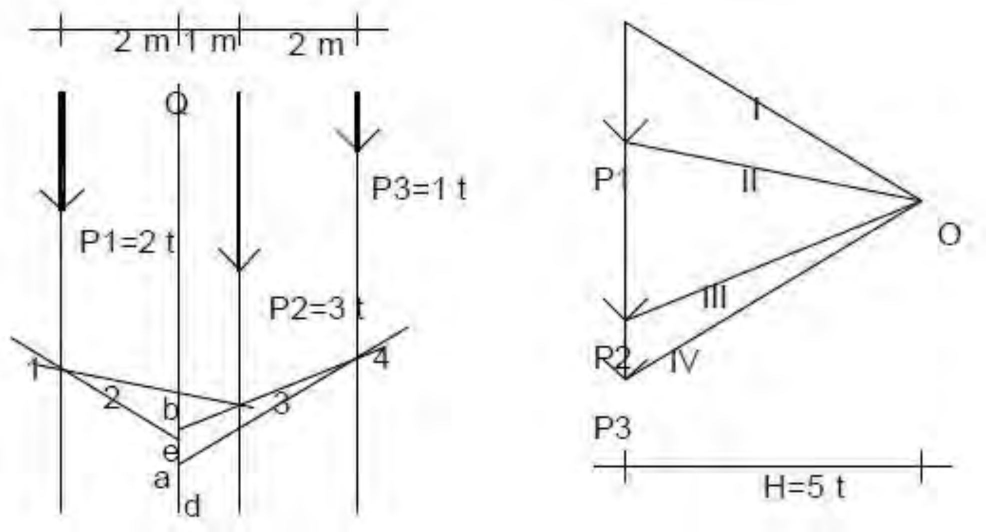
Contoh Soal:

1. Diketahui tiga buah gaya P1=2t, P2=3t dan P3=1ton dengan posisi seperti gambar.



Tentukan momen-momen gaya terhadap titik Q.

Penyelesaian :
Skala gaya : 1 cm= 1 cm
Skala jarak : 1 cm = 1 m



Momen gaya terhadap titik Q adalah :

M1 = -ab.H = 0,8.5 = -4 tm

M2 = +bc.H=+0,6.5=+3 tm

M3 = _cd.H=+0,6.5=+3 t

MR = +ad.H=+0,4.5=+2 tm

Cara analitis / hitungan :

Momen gaya terhadap titik Q : MQ = -P1.2m+P2.1m+P3.3m

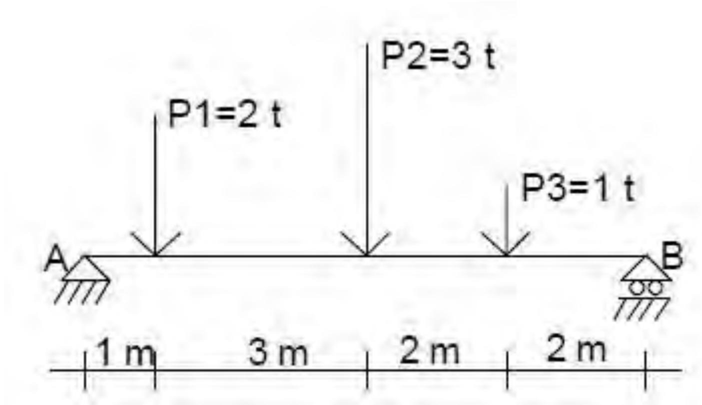
= -2t.2m+3t.1m+1t.3m

= -4tm+3tm+3tm

= + 2 tm.

Apabila gaya P1,P2 dan P3 sejajar terletak di atas gelagar dengan tumpuan sendi

dan rol seperti gambar.

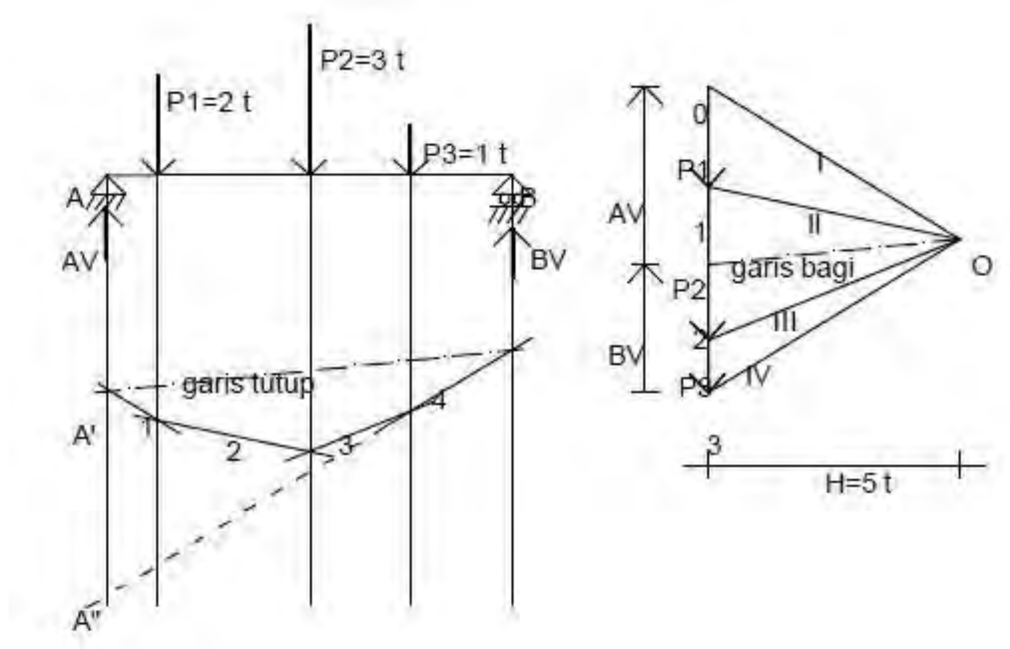


a) cara grafis :

Untuk menghitung besar momen-momen terhadap tumpuan A maupun terhadap tumpuan B dengan bantuan lukisan segi banyak batang dan dengan lukisan kutub.

Skala gaya : 1 cm = 1 t

Skala panjang : 1 cm = 1m



Jumlah momen gaya-gaya P1,P2 dan P3 terhadap titik tumpuan A adalah M = +A'A".H = +4.5=+20 tm.

Bila melalui titik kutub O dibuat garis sejajar dengan garis tutup maka didapat garis bagi O4, yang membagi R menjadi AV dan BV dimana besar AV = 3,5 t dan BV = 2,5 t.

Momen gaya RB terhadap titik A ialah M = -A".A'.H

= -4.5=-20 tm.

Dengan demikian terbukti bahwa dalam keseimbangan berlaku : A'A".HA-A"A'.H=O atau ∑ MA = O

Jadi balok dalam keadaan seimbang, bila segi banyak batang maupun poligon gaya dalam gambar kutub menutup.

b) Cara analitis :

jumlah momen gaya-gaya terhadap titik

A:MA=P1.1m+P2.4m+P3 6m

= 2 t. 1m + 3 t.4m +1t.6m.

= 2 tm + 12 tm + 6 tm

= 20 ton

Momen gaya BV terhadap titik A ialah :

MA = - BV.8 m

= -2,5t.8m

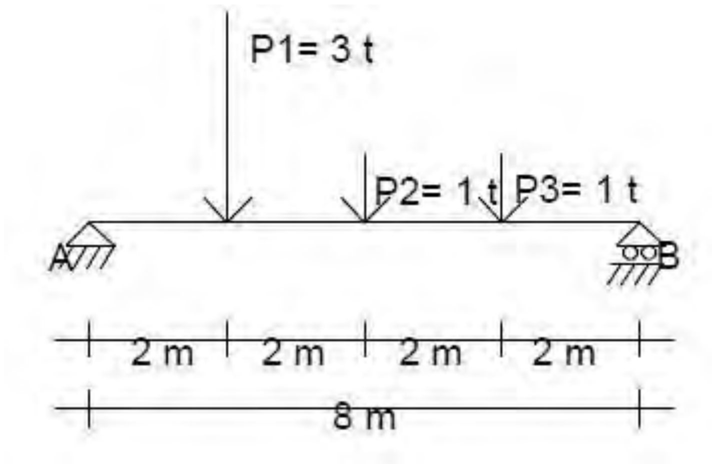
= -20 tm

Dengan demikian terbukti bahwa dalam keseimbangan berlaku : ∑ MA=O.

2. Diketahui sebuah gelagar panjang 8 m terletak di atas tumpuan sendi A dan rol B, padanya bekerja gaya-gaya P1, P2, P3 seperti gambar di bawah. Tentukan besar momen gaya-gaya pada titik Q dengan cara :

   a) Grafis

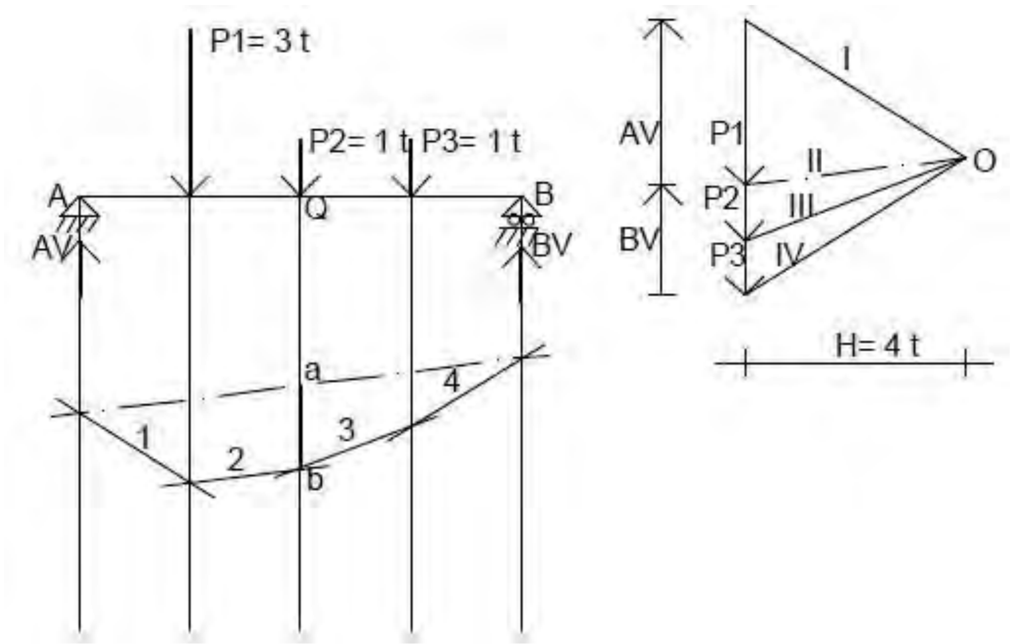
   b) Analitis



Penyelesaian :

a). Grafis : skala gaya : 1 cm = 1 t.

skala panjang : 1 cm = 1 m



AV = 3 cm x $\frac{1\ t}{1\ cm}$ = 3 t   ab =1,5 cm = 2,5

BV = 2 cm x $\frac{1\ t}{1\ cm}$ = 2 t   H = 4 cm = 4 t

Jadi besar MQ = + ab.H

= +1,5 m.4 t.

= +6 tm

b) analitis

Perhitungan reaksi tumpuan A dan B :

∑ MA = 0

P1.2m+P2.4m+P3.6m-BV.8m=0

3t.2m+1t.4m+1t.6m-BV.8m=0

6cm + 4 tm + 6 tm – BV.8m=0

16 tm – BV.8m = 0

BV= <u>-16 tm</u>

- 8m

BV = 2 t.

$\sum$ MB = 0

AV.8m-P1.6m-P2.4m-P3.2m=0

AV.8m-3t.6m-1t.4m-1t.2m=0

AV.8m-18tm-4 tm-2 tm = 0

AV.8m-24 tm=0

AV.8m=24 tm

AV = $\frac{24 \text{ tm}}{8\text{m}}$

AV = 3 t.

Jadi momen gaya-gaya pada titik Q adalah :

MQ = AV Hm-P1.2m

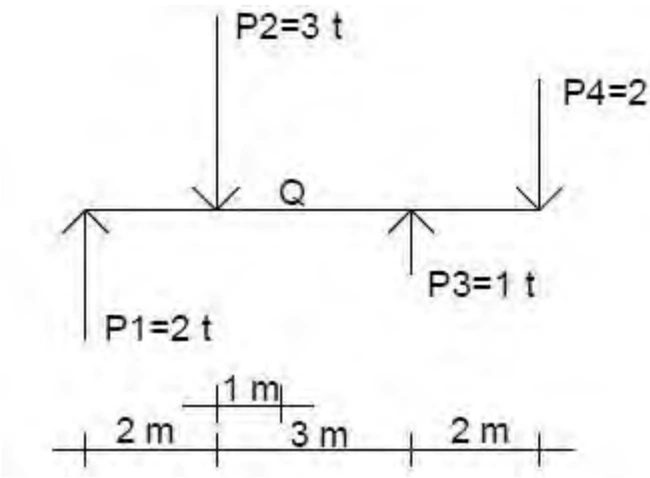
= 3 t.4m-3t.2m

= 12 tm-6tm

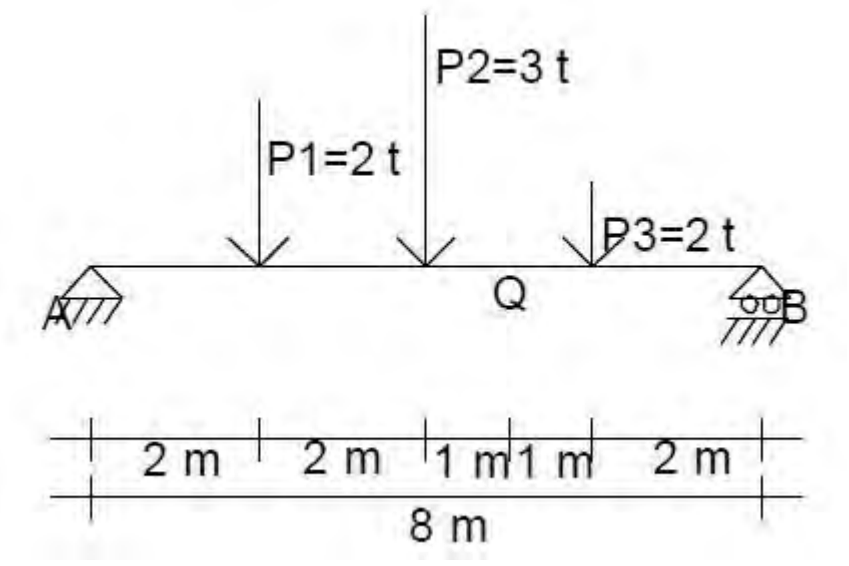
= 6tm

Soal Latihan

1. Tentukan momen gaya-gaya sejajar P1,P2,P3 dan P4 terhadap titik Q sebagai pusat momen yang terletak pada jarak 1 m dari P2 (lihat gambar), dikerjakan secara grafis dan analitis.



2. Tentukanlah momen gaya-gaya sejajar P1,P2,P3 pada Q yang terletak di atas gelagar dengan panjang 8 m di mana gelagar ditumpu sendi A dan rol B (lihat gambar).



Kerjakan dengan cara :

a) grafis

b) analitis

Petunjuk Penilaian

No	Aspek	Indikator	Skor maks	Skor Yang dicapai	Ket
1	Soal No.1	a. Grafis b. Analitis	20 30		
2	Soal No.2	a. Grafis b. Analitis	20 30		
Jumlah Skor Maksimal			100		
Syarat Skor Minimal Lulus			70		
Jumlah Skor Yang Dapat Dicapai					
Kesimpulan				LULUS / TIDAK	

KEGIATAN BELAJAR 8
PENENTUAN TITIK BERAT SUATU PENAMPANG BENDA

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat:

1. Menguasai pengertian titik berat.
2. Menghitung dan menentukan titik berat penampang

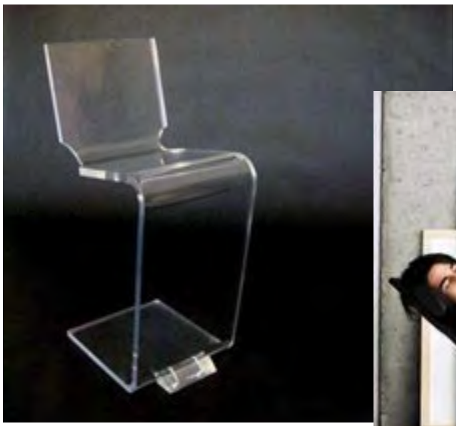
Pernahkah kalian memperhatikan konstruksi tiang ring basket di sekolahmu? Apakah konstruksinya seperti gambar di bawah ini? Mengapa tiang ini bisa stabil, tidak terguling?



Kursi biasanya memiliki empat kaki, namun mengapa orang yang duduk di kursi dengan model seperti ini tetap tidak mudah jatuh? Diskusikan dengan temanmu !



http://bentek.co.kr





Bagaimana halnya dengan rumah yang seperti ini ya? Koq tidak roboh?



Untuk mempelajari lebih lanjut apa yang kalian diskusikan mari kita pelajari terlebih dahulu materi tentang titik berat ini.

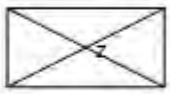
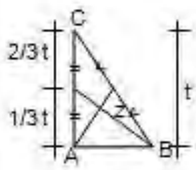
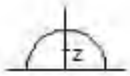
Titik Berat Penampang Bidang Datar

Berat suatu benda merupakan gaya tarik (gravitasi) bumi terhadap benda itu. Gaya tarik (gravitasi) bumi ini tidak bekerja pada benda tersebut secara keseluruhan, melainkan pada tiap-tiap unsur yang terkecil atau molekul-molekul benda tadi. Tiap-tiap molekul itu ditarik oleh bumi dan yang dimaksud dengan berat benda itu adalah jumlah gaya dari tiap-tiap molekul benda tadi. Jadi, pada hakikatnya berat benda itu adalah resultan dari semua gaya molekul yang kecil-kecil dan sejajar. Besar dan letak dari resultan tersebut dapat dicari dengan cara yang biasa digunakan untuk menentukan resultan sistem gaya. Arah gravitasi bumi adalah vertikal ke bawah, jadi arah resultannya juga ke bawah. Garis kerja resultan itu dapat berubah letaknya tergantung pada perubahan letak benda. Akan tetapi, selalu ada satu titik sama yang dilalui oleh garis kerja resultan itu. Titik ini

disebut titik berat atau pusat berat. Titik berat itu merupakan titik tangkap dari gaya resultan.

Letak Titik Berat Beberapa Penampang

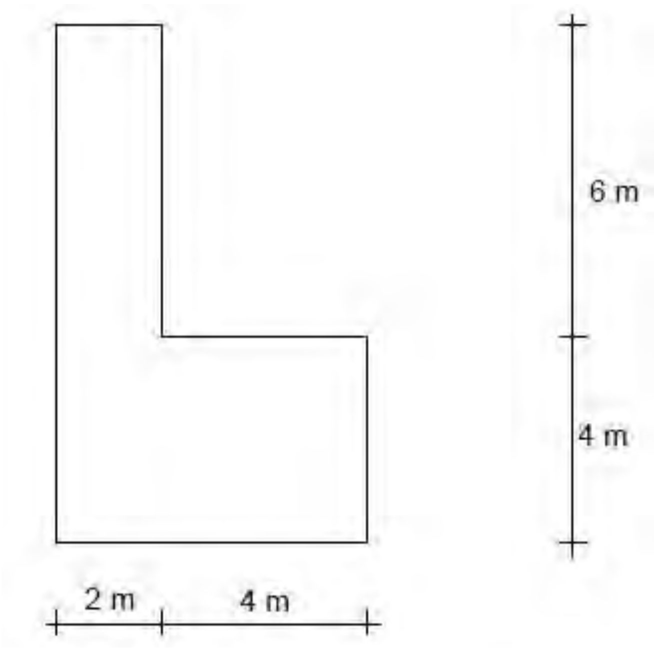
Bentuk benda homogen berbentuk bidang dan letak titik beratnya.

Bentuk	Gambar	Letak Titik Berat (z)
1. Bujur sangkar		terletak pada titik potong kedua diagonalnya
2. Empat persegi panjang		terletak pada titik potong kedua diagonalnya
3. Segitiga		terletak pada titik potong garis beratnya
4. Lingkaran		Terletak di pusat lingkaran
5. Setengah Lingkaran		$Mz = \frac{4\,R}{3\pi} = 0{,}4244\ R$

Untuk menentukan letak titik berat suatu penampang kita menggunakan pertolongan sumbu koordinat X dan Y.

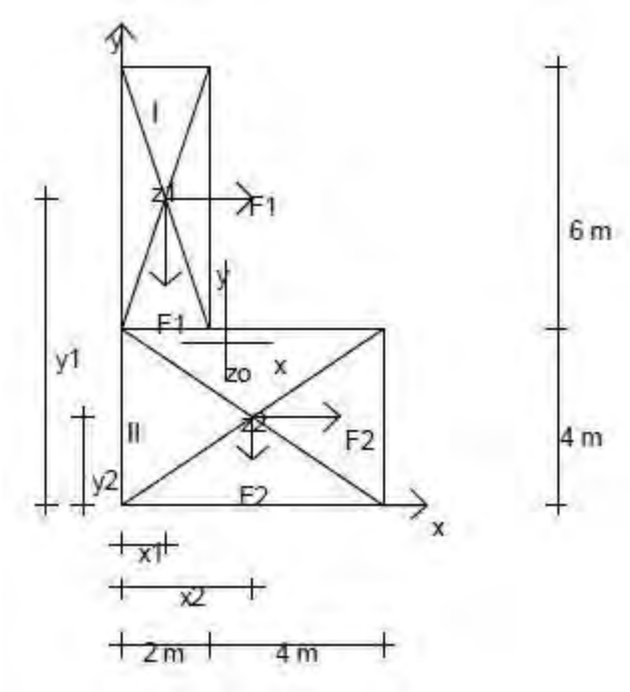
Contoh Soal:

1. Diketahui sebuah bangun datar seperti gambar di bawah. Tentukan letak titik berat penampang dengan cara grafis dan analitis.



Penyelesaian :

a. Analitis : Untuk memudahkan dalam perhitungan maka penampang tersebut dibagi menjadi dua bagian, sehingga luas penampang dan letak titik berat dari tiga-tiga penampang dapat ditentukan. Letakkan sumbu koordinat pada sisi paling kiri dan paling bawah dapat gambar.



Perhitungan :

Bagian I : luas F1 = 2 m x 6 m = 12 m2

Bagian II : luas F2 = 4m x 6m = 24 m2

Jumlah $\sum$ F = 36 m2

Ordinat masing-masing titik berat penampang :

X1 = 1 m Y1 = 7 m

X2 = 3 m Y2 = 2 m

Untuk menentukan titik berat Zo; dengan menggunakan statis momen luas terhadap sumbu X dan terhadap sumbu Y.

$$X = \frac{F1.X1+F2.X2}{\sum F}$$

$$X = \frac{12m^2.1m+24m^2.\ 3m}{36\ m^2}$$

$$X=\frac{12m^3+72m^3}{36m^2}$$

$$X = \underline{84\ m^3}$$

$36\ m^2$

X = 2,333 m

$Y = \frac{F1Y1+F2.Y2}{\sum F}$

$Y = \frac{12\ m^2.7m+24m^2.2m}{36\ m^2}$

$Y = \frac{84\ m^3 + 48m^3}{36\ m2}$

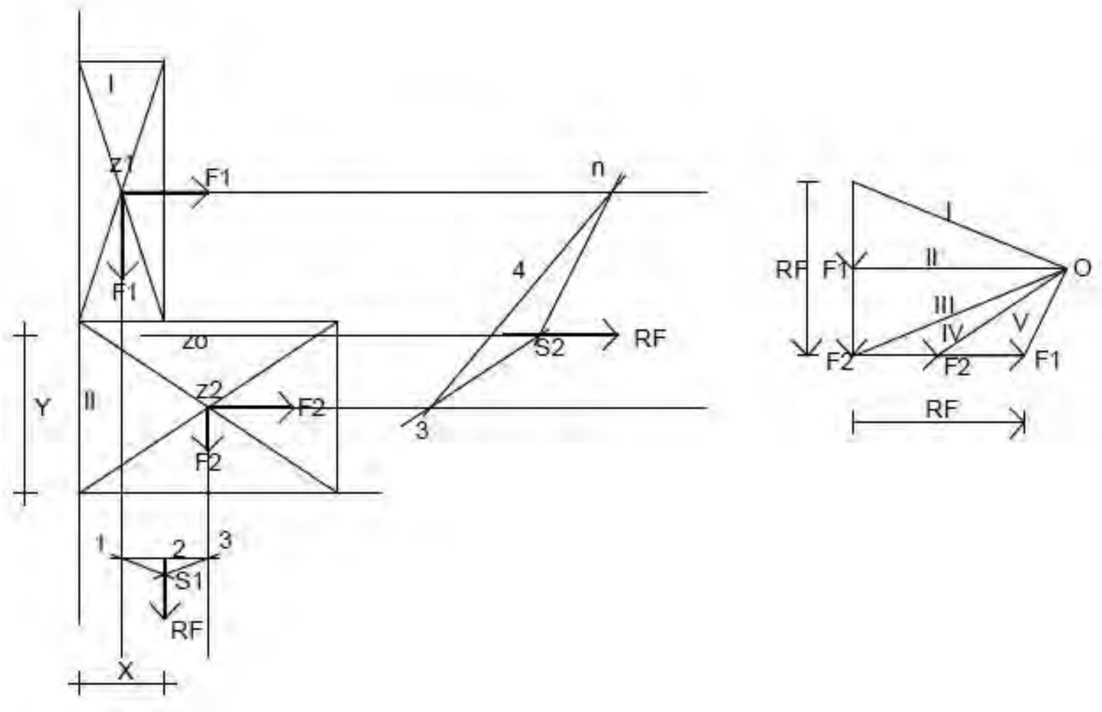
$Y = \frac{132\ m^3}{36\ m^2}$

Y = 3,667 m

Jadi letak titik berat Z0 (2,333:3,667) m.

b. Grafis : skala gambar 1 cm : 2m

skala luas (F). 1 cm = 6 m^2



Letak titik berat penampang Z0 : X = 1,15 m + $\frac{2\ m}{1\ cm}$ = 2,3 m

Y = 1,85 cm + $\frac{2\ m}{1\ cm}$ = 3,7 m

Langkah-langkah penyelesaian grafis :

a. Gambar bidang datar dengan skala gambar yang ditetapkan.

b. Gambar resultan gaya-gaya F1, F2 (RF).

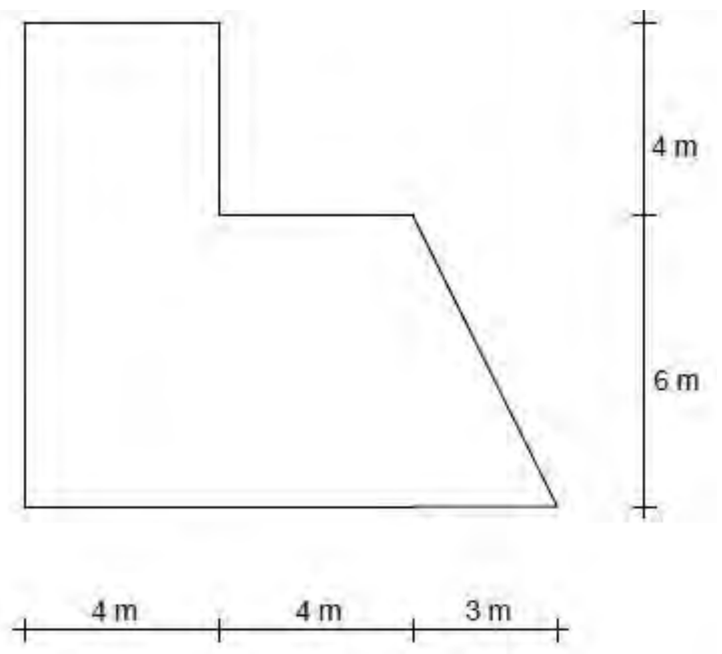
c. Tentukan titik kutub O dan jari-jari kutub I, II, III, IV dan V.

d. Perpanjang garis kerja kuadran F1 dan F2 kemudian pindahkan jari-jari kutub [ada gambar sehingga memotong jaris kerja F1 dan F2.

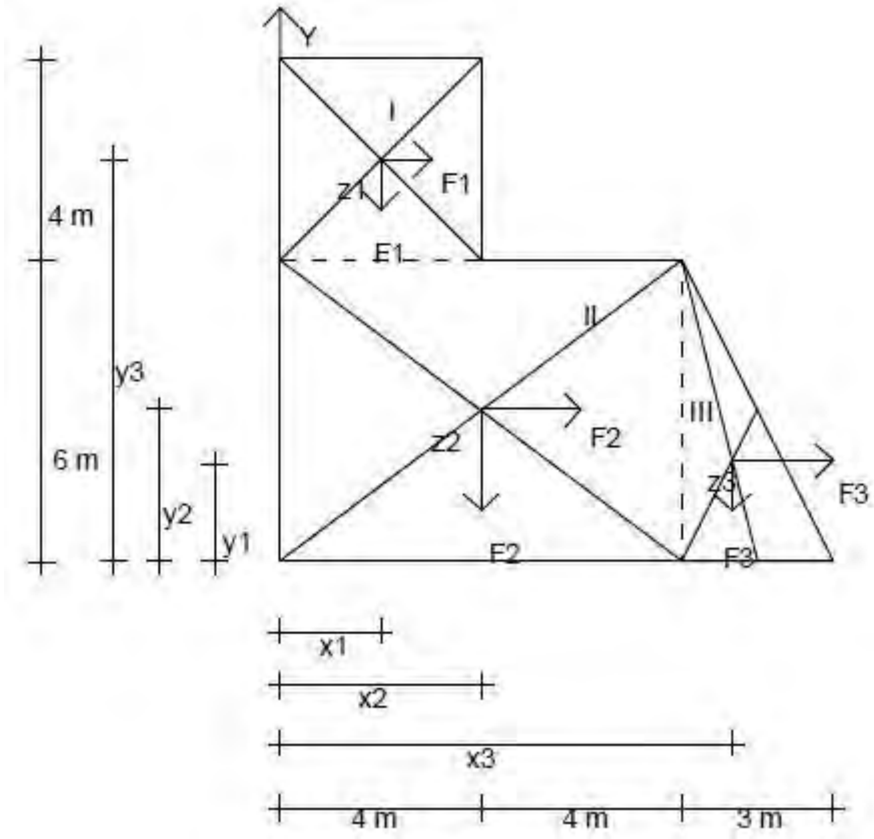
e. Perpanjang jari-jari jkutub yang pertama dengan yang terakhir dalam satu lukisan segi banyak batang adalah titik S di mana titik S adalah titik yang dilalui resultan RF.

f. Gari kerja R yang pertama dengan R yang kedua berpotongan, maka titik potong itulah letak titik berat bidang datar Zo.

2. Diketahui sebuah bangun berbentuk bidang datar seperti gambar di bawah. Tentukan letak titik berat Zo dengan cara analitis.



Penyelesaian :



Penampang kita bagi menjadi tiga bagian yaitu **I**, **II** dan **III.**

Perhitungan :

Bagian I : luas F1 = 4 m x 4 m = 16 m^2

Luas F2 = 8 m x 6 m = 48 m^2

Luas F3 : ½. 3m.6m = 9 m^2

$\sum$ F = 73 m^2

Ordinat masing-masing titik berat penampang :

X1 = 2m	Y1 = 8 m
X2 = 4 m	Y2 = 3 m
X3 = 9 m	Y3 = 2 m

Letak titik berat penampang Zo :

Statis momen luas terhadap sumbu X adan sumbu Y adalah sebagai berikut :

$$X = \frac{F1.X1+F2.X2+F3.X3}{\sum F}$$

$$X = \frac{16\ m^2.2m+48m^2.4m+9\ m^2.9m}{73\ m^2}$$

$$X = \frac{32\ m^3 + 192\ m^3 + 82\ m^3}{73\ m^2}$$

$$X = \frac{305\ m^3}{73\ m^2}$$

X = 4,178 m

$$Y = \frac{F1.X1+F2.X2+F3.X3}{\sum F}$$

$$Y = \frac{16\ m^2.8\ m + 48\ m^2.3m+9\ m^2.\ 2m}{73\ m^2}$$

$$Y = \frac{128\ m^3 + 144\ m^3 + 28\ m^3}{73\ m^2}$$

$$Y = \frac{300\ m^3}{73\ m^2}$$

Y = 4,109 m

Jadi titik berat penampang Zo (4,178:4,109) m.

Percobaan

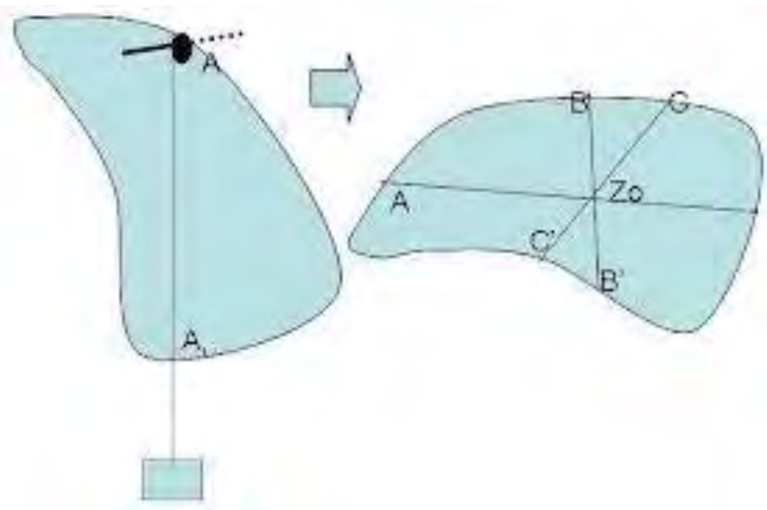
Untuk menentukan titik berat suatu bidang kalian dapat melakukan percobaan seperti berikut ini bersama teman-temanmu. Setelah melakukan percobaan, coba kalian simpulkan dari hasil temuan kalian. Buatlah laporan dari hasil percobaan ini ya..

Alat dan Bahan :

- Kertas duplex atau kertas kardus : 4 lembar sebesar buku tulis
- Gunting
- Jarum pentul
- Benang bangunan
- Pemberat
- Penggaris
- Pensil

Langkah-Langkah Pengerjaan:

1. Kardus digunting menjadi empat bagian, kemudian dibentuk sesuai keinginan (tiga benda beraturan, satu benda tak beraturan).
2. Kardus yang akan ditentukan titik beratnya diambil, lalu benang dan jarum disiapkan.
3. Pemberat diikatkan pada salah satu ujung benang, sementara jarum pentul ditusukkan pada salah satu ujung kardus, ujung benang yang lainnya digantungkan dan diikatkan pada sisi jarum pentul yang tajam (kepala jarum dipegang tanpa menyentuh kardus).
4. Benang dan pemberat ditunggu sampai keadaan di



am, dibuat garis tepat dimana benang berhenti, diulangi pada sisi kardus lainnya hingga ditemukan titik potong dari bangun tersebut, titik potong tersebut merupakan titik berat benda itu.

5. Langkah diatas diulangi pada bangun yang lainnya.
6. Data dari percobaan diatas dimasukkan ke dalam table (yang dihitung hanya benda beraturan).
7. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus untuk menentukan A, X, Y, Xo, Yo dan Zo.

No.	Bangun	Bagian	X_i (cm)	Y_i (cm)	A (luas cm^2)

Tahukah kamu?



Bangunan yang relatif pendek dan lebar akan lebih stabil daripada bangunan yang tinggi dan langsing. Desain yang menempatkan beban yang berat terkonsentrasi di bagian bawah akan membantu stabilitas bangunan sehingga sekarang banyak dibangun gedung-gedung pencakar langit

yang berada di daerah gempa, bagian bawahnya lebih lebar daripada bagian atasnya. Contoh Piramid Transamerica yang diguncang oleh gempa bumi tahun 1989 hingga berayun sepanjang satu kaki tanpa



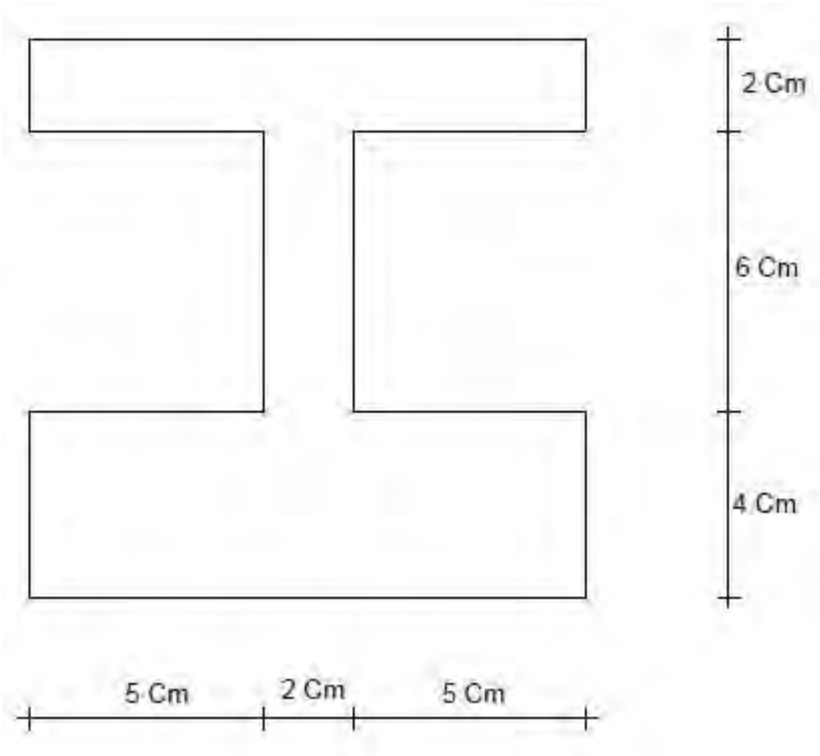
mengalami kerusakan yang berarti. Bangunan ini dibangun di atas tanah keras sehingga kecil kemungkinan rusak oleh gempa bumi. Bangunan akan stabil jika pusat massa terletak di sekitar dasar bangunan. Piramid adalah bentuk yang ideal dengan hal ini.

Soal Latihan

1. Diketahui sebuah bangunan berbentuk bidang datar seperti gambar di bawah.Tentukan letak titik berat Zo dengan cara :

   a. Grafis

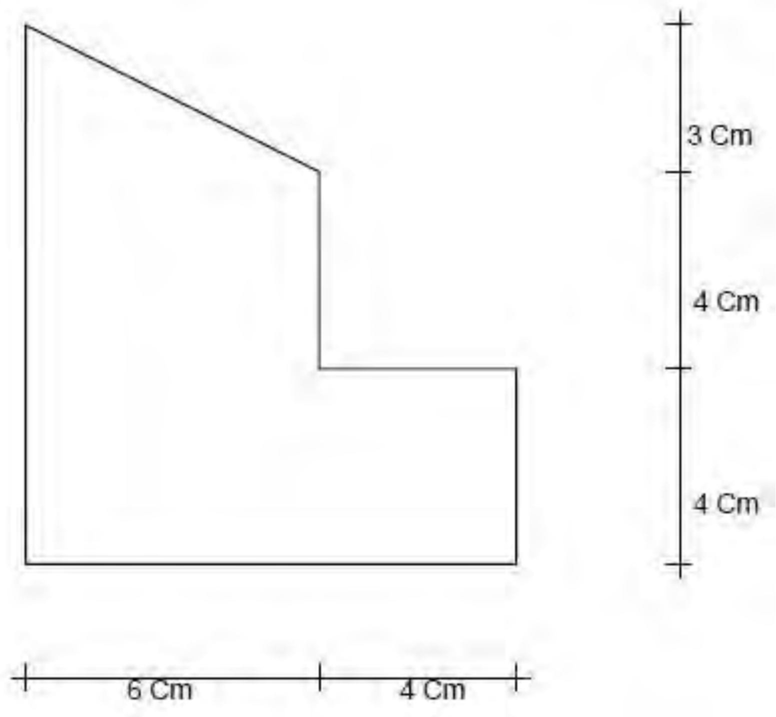
   b. Analitis



2. Diketahui sebuah bangun berbentuk bidang datar seperti gambar di bawah. Tentukan letak titik berat Zo dengan cara

   a. Grafis

   b. Analitis



- **Petunjuk Penilaian**

No	Aspek	Indikator	Skor maks	Skor Yang dicapai	Ket
1	Soal No.1	a. Grafis b. Analitis	20 30		
2	Soal No.2	a. Grafis b. Analitis	20 30		
Jumlah Skor Maksimal			100		
Syarat Skor Minimal Lulus			70		
Jumlah Skor Yang Dapat Dicapai					
Kesimpulan				LULUS / TIDAK LULUS	

KEGIATAN BELAJAR 9

MOMEN INERSIA / MOMEN KELEMBAMAN

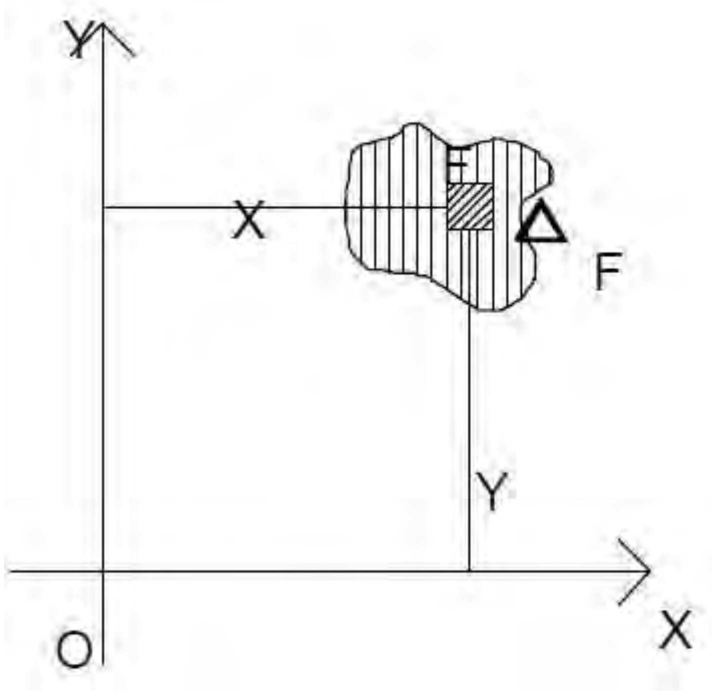
TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah selesai mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian:

a. Mampu menguasai pengertian momen inersia

b. Mampu menghitung momen insersia terhadadap garis sumbu

Momen inersia adalah suatu sifat kekakuan yang ditimbulkan dari hasil perkalian luas penampang dengan kwadrat jarak ke suatu garis lurus atau sumbu. Momen inersia atau momen kelembaman ini dibutuhkan dalam perhitungan perhitungan lenturan, puntiran dan tekukan. Momen inersia di dalam perhitungan diberi dengan harus I, jika terhadap sumbu X maka diberi sumbul Ix dan jika terhadap sumbu Y diberi simbol Iy.



Jadi momen inersia terhadap sumbu x : $\Delta Ix = \Delta F.Y^2$

Begitu juga terhadap sumbu Y : $\Delta Iy = \Delta F. X^2$

Di mana : F = luas seluruh bidang .

Δ F= bagian kecil luas suatu bidang.

Apabila luas bidang (F) dibagi-bagi menjadi $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$ dan seterusnya dan jarak masing-masing bagian ke sumbu X adalah Y1,Y2, Y3 dan seterusnya begitu pula jarak masing-masing bagian ke sumbu Y adalah X1, X2, X3 dan seterusnya maka besar momen insersia adalah sebagai berikut :

Terhadap sumbu X : $Ix = \Delta F1.Y1^2+\Delta F2.Y2^2+.....+\Delta Fn.Yn^2$

Terhadap sumbu Y : $Iy = \Delta F1.X1^2+\Delta F2.X2^2+....+\Delta Fn.Xn^2$

Di mana Ix dan Iy dalam cm^4

X dan Y dalam cm

Δ F dalam cm^2

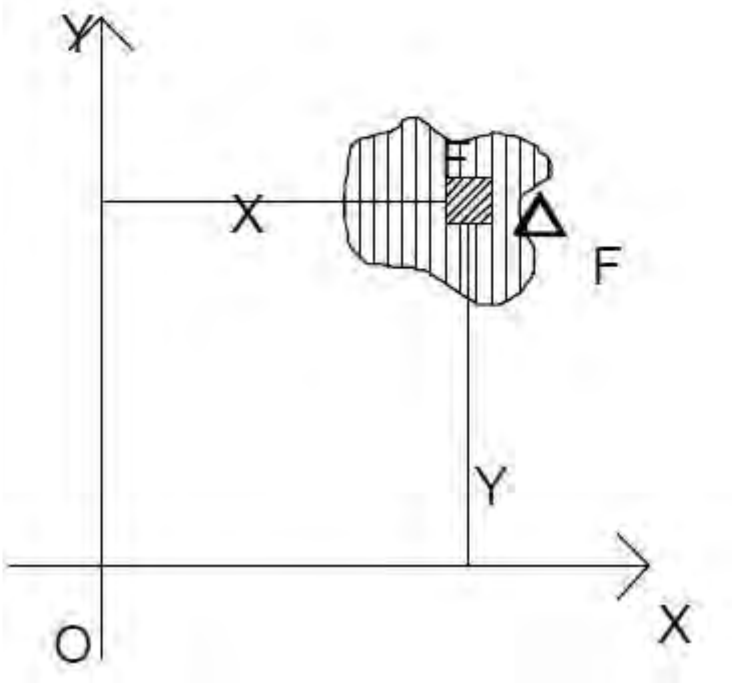
Karena jarak X maupun Y berpangkat maka hasil momen kelembaman selalu posistif, pada perhitungan tekukan kita memasukkan arti jari-jari kelembaman (i).

$I = F.i^2$ atau $i = \frac{\sqrt{I}}{F}$

Di mana i = jari-jari kelembaman, I dalam satuan cm.

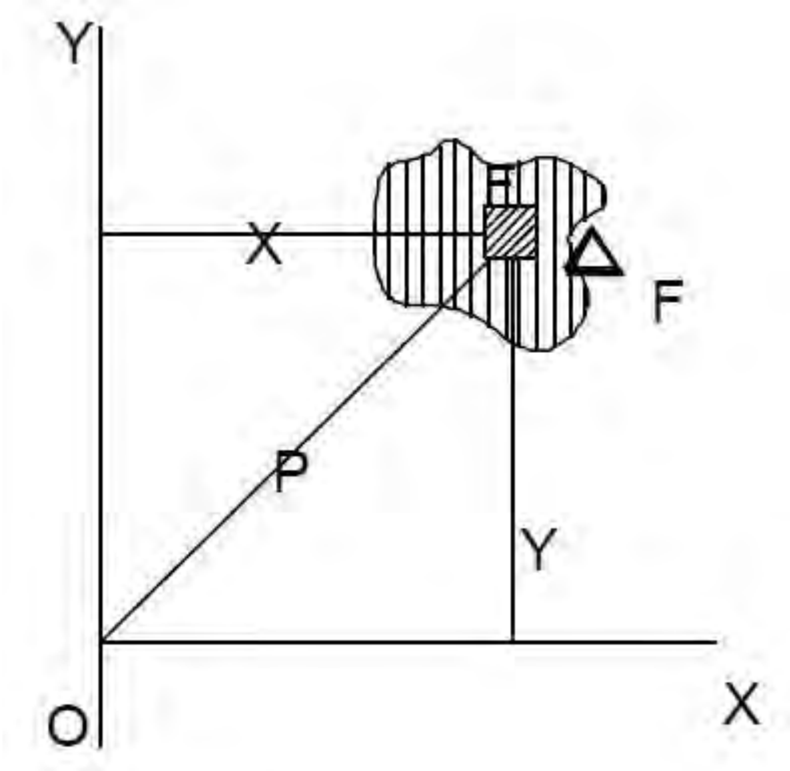
Ada dua momen inersia :

a. Momen kelembaman linier yaitu momen kelambaman terhadap suatu garis lurus atau sumbu.



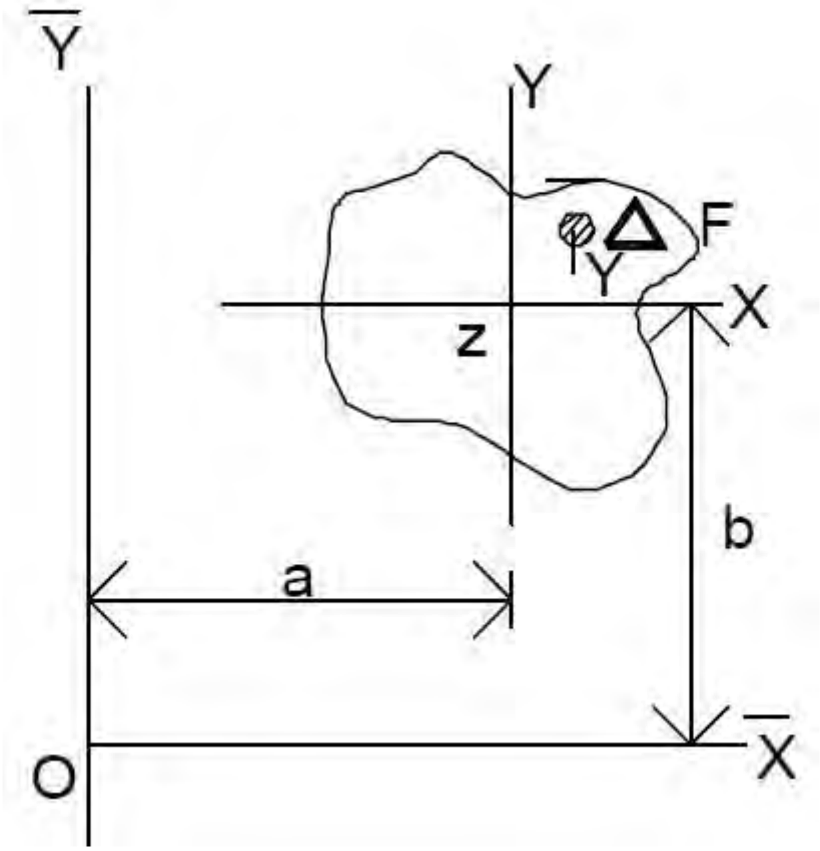
$Ix = \Delta F.X^2$
$Iy = \Delta F.X^2$

b. Momen kelembaman Poler yaitu momen kelembaman terhadap suatu titik perpotongan dua garis lurus/sumbu (titik kutub O). Dengan kata lain bahwa momen kelembaman Poler adalah jumlah momen kelembaman linier terhadap sumbu X dan terhadap sumbu Y.



Ip = Ix+Iy.

Dalil pergeseran sumbu Z/Y :



a dan b ialah jarak geser dari sumbu x ke x dan dari y ke y sehingga besar momen inersia / kelembaman terhadap sumbu x/y menjadi :

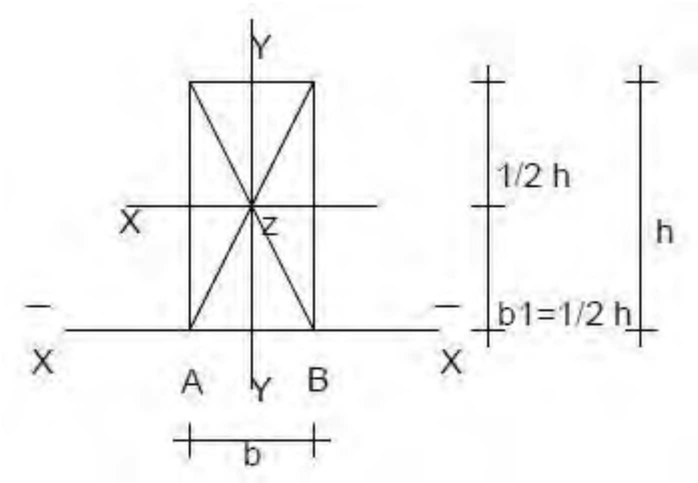
$Ix = I_2,x+Fb^2$

$Iy = I_2,y+a^2$

I_2,x dan I_2,y disebut bilangan asal, sedang Fa^2 dan Fb^2 disebut bilangan koreksi (momen koreksi). Dalam modul ini tidak dibahas tentang menemukan rumus-rumus momen inersia/kelembaman sebab biasanya para teknisi bangunan cukup dengan menggunakan rumus dalam perhitungan.

Momen inersia / kelembaman untuk beberapa penampang :

a. Momen kelembaman bentuk empat persegi panjang



Momen inersia terhadap sumbu x/y yang melalui titik berat penampang z adalah Izx atau Ix = $1/12.b.h^3$

Izy atau Iy = $1/12.h.b^3$

Momen inersia terhadap sumbu x adalah :

Ix = Izx+Fb12

= $1/12\ b.h^3+b.h.b1^2$

= $1/12\ bh^3+b.h(1/2b)^2$

= $1/12hb^3 + ¼\ hb^3$

Ix = $1/3\ bh^3$

Momen inersia terhadap sumbu y adalah :

Iy = Izy + Fa12

=$1/12.hb^3+Fa1^2$

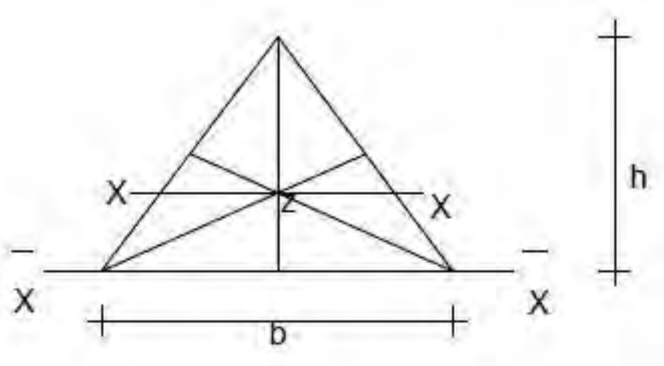
= $1/12\ hb^3+b.h(1/2b)^2$

=$1/12hb^3+1/4hb^3$

Iy = $1/3hb^3$

Jadi secara umum bila sumbu x atau y tidak melalui titik berat z maka momen inersia terhadap sumbu x atau y harus diperhitungkan pula terhadap momen kelembaman koreksi.

b. Momen kelembaman bentuk segi tiga

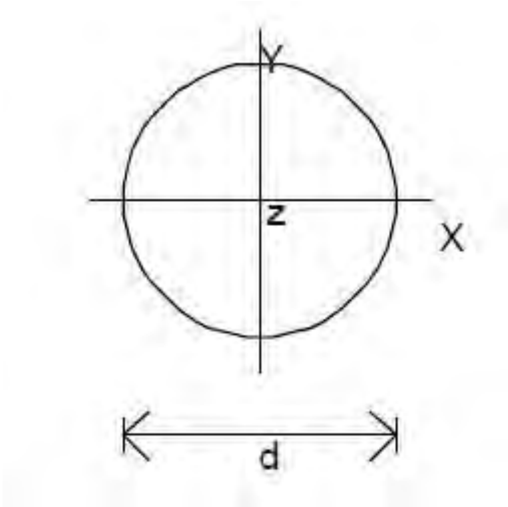


Momen inersia terhadap sumbu x yang melalui titik berat penampang z.

Ix atau Izx = 1/36 $b.h^3$

Momen inersia terhadap sumbu x yang melalui puncak segitiga adalah Ix = ¼ $b.h^3$

c. Momen Kelembaman bentuk lingkaran



Momen inersia / kelembaman terhadap sumbu x yang melalui titik berat/titik pusat lingkaran adalah Ix = I2= 1/64 d^4

Untuk perhitungan konstruksi bangunan 1/64 ~ 1/20 sehingga Ix = I2 = $1/20d^4$

Untuk penampang lingkaran ini sering digunakan untuk poros berputar ataupun konstruksi yang mengalami torsi. Untuk hal ini momen inersia yang digunakan dalam perhitungan adalah momen inersia/kelembaman polar.

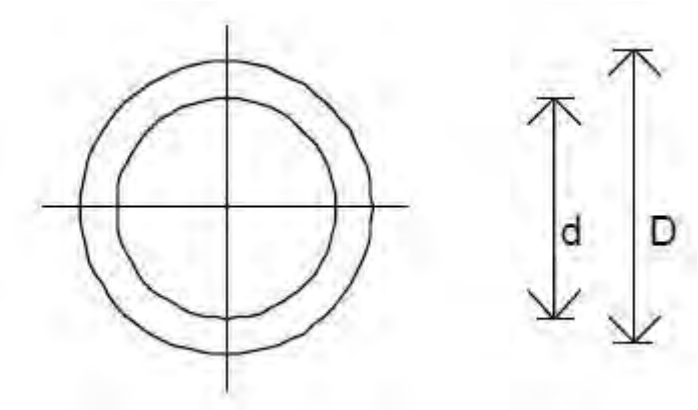
Ip = Ix +Iy sehingga

$Ip = 1/20\ d^2 + 1/20\ d^2$

$Ip = 1/10\ d^4$ atau

$Ip = 0,1\ d^4$

c. Momen kelembaman bentuk cincin



Dianggap tidak berlubang : $Ip1 = 0,1\ D^4$

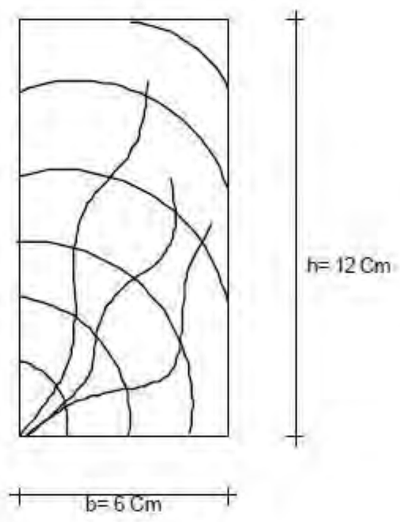
Lubangnya saja : $Ip2 = 0,1\ d^4$

Sehingga $Ip = 0,1\ D^4 - 0,1d^4$

$Ip = 0,1\ (D^4 - d^4)$

Contoh 1:

Diketahui suatu penampang dberbentuk empat persegi panjang dengan b = 6 cm dan h = 12 cm (lihat gambar)

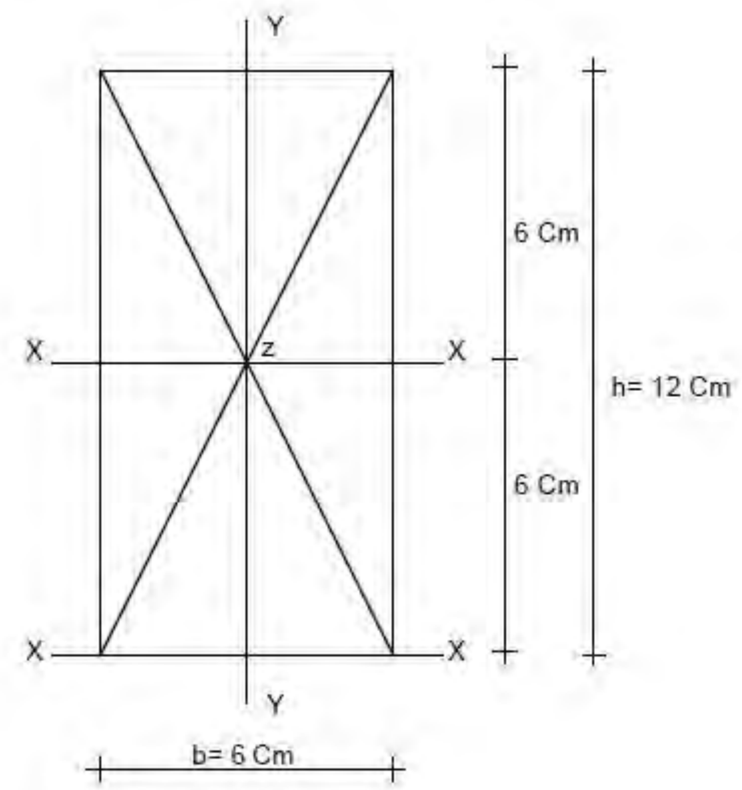


Pertanyaan :

a). Hitunglah momen kelembaman Ix dan Iy terhadap sumbu x/y yang melalui titik berat penampang.

b). Hitung momen kelembaman Ix terhadap sumbu x yaitu melalui sisi alas penampang.

Penyelesaian :



Momen inersia terhadap sumbu x adalah : Ix = $1/12.b.h^3$

= $1/12.\ 6\ cm.\ (12\ cm)^3$

= $864\ cm^4$

Momen inersia terhadap sumbu y adalah : Iy = $1/12.h.b^3$

= $1/12.12\ cm\ (6\ cm)^3$

= $216\ cm^4$

Momen inersia terhadap sisi alat x adalah : Ix = $1/3.b.h^3$

= $1/3.6\ cm(12cm)^3$

= $3456\ cm^4$

atau dapat dihitung dengan rumus /dalil pergeseran :

Ix = $Iz,x+F.b1^2$

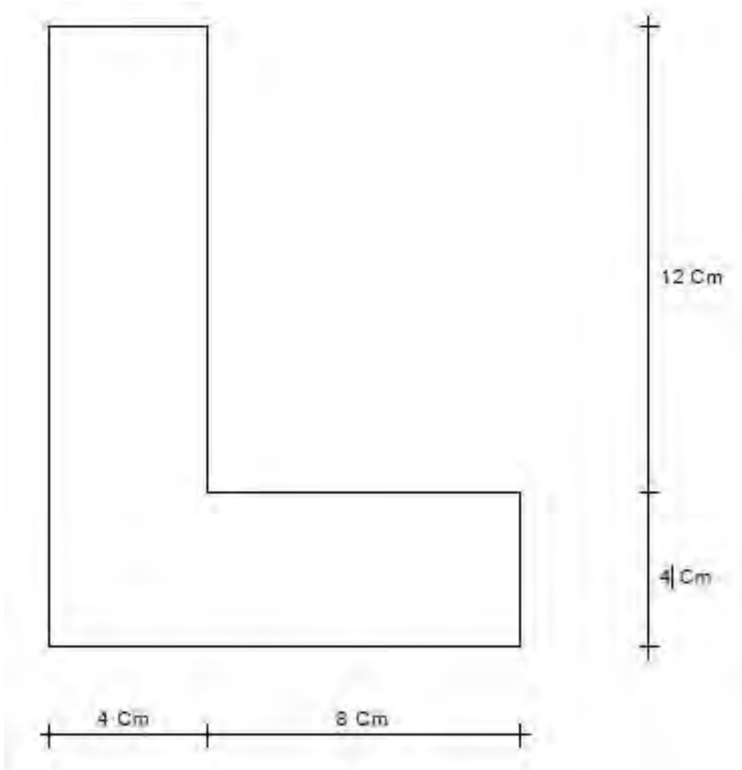
= $1/12.\ 6\ cm.\ (12\ cm)^3 + 6\ cm.12\ cm\ (6\ cm)^2$

= $8\ 64\ cm^4 + 2592\ cm^4$

= $3456\ cm^4$

Contoh 2 :

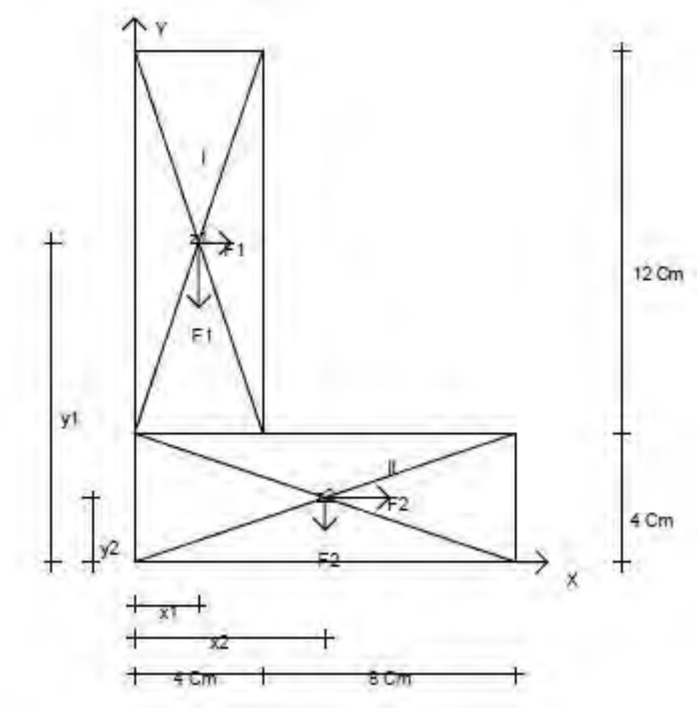
Diketahui suatu penampang profil dengan bentuk dan ukuran seperti gambar di bawah.



Hitunglah momen kelembaman Ix dan Iy terhadap sumbu x/y yang melalui titik berat penampang.

Penyelesaian :

a. Menentukan letak titik berat penampang profil, maka penampang profil dibagi menjadi dua bagian.



Bagian I : luas F1 = 4 cm + 12 cm = 48 cm^2

Bagian II : luas F2 = 4 cm + 12 cm= <u>48 cm^2</u>

$\sum$ F = 96 cm^2

Ordinat masing-masing titik berat penampang z1/z2 terhadap sumbu x dan y:

X1 = 2 cm   y1 = 10 cm

X2 = 6 cm   y2 = 2 cm

Letak titik berat penampang profil z0 adalah statis momen luas terhadap sumbu x dan sumbu y sebagai berikut :

$$X = \frac{F1.X1+F2.X2}{\sum F}$$

$$= \frac{48\ cm^2.\ 2\ cm + 48\ cm^2.\ 6\ cm}{96\ cm2}$$

$$= \frac{96\ cm3 + 288\ cm^3}{96\ cm^2}$$

x = 4 cm

$$Y = \frac{F1.Y1+F2.X2}{\sum F}$$

$$= \frac{48\ cm^2 . 10\ cm + 48\ cm^2 .\ 2cm}{96\ cm^2}$$

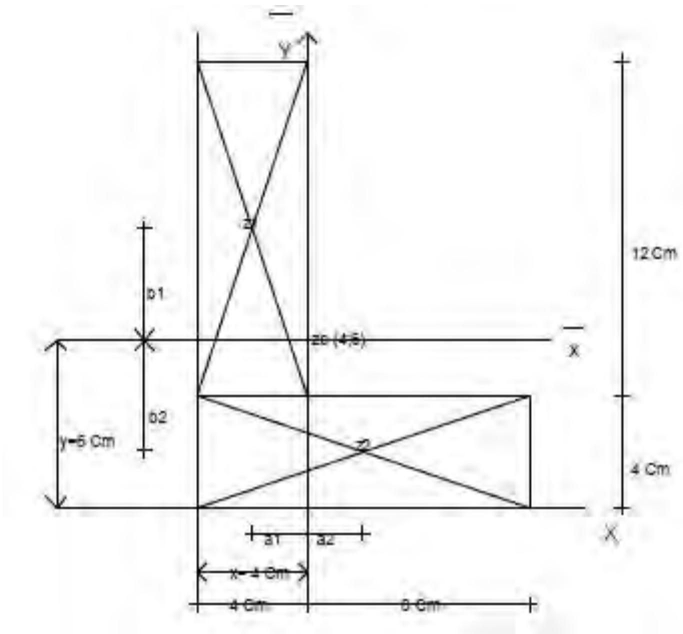
$$= \frac{480\ cm^3 + 96\ cm^3}{96\ cm^2}$$

$$= \frac{576\ cm^3}{96\ cm2}$$

= 6 cm

Jadi letak titik berat penampang profil Zo (4,6) cm.

b. Perhitungan momen inersia



Jarak titik berat penampang Z1 dan Z2 terhadap sumbu x dan y :

b1 = 10 cm – 6 cm = 4 cm

b2 = 6 cm – 2 cm = 4 cm

a 1 = 2 cm

a2 = 6 cm – 4 cm = 2 cm

Momen inersia terhadap sumbu x adalah : rumus :

$Ix = I2x + Fb^2$

$Ix1 = 1/12.4\ cm.(12\ cm)^3+48\ cm^2 = 576\ cm^4+76\ cm^4 = 1344\ cm^4$

$Ix2 = 1/12.4\ cm\ (12\ cm)^3 + 48\ cm^2(4cm)^2 = 64\ cm^4+768\ cm^4 = 832\ cm^4$

Jadi $Ix=2176\ cm^4$

Momen inersia terhadap sumbu y adalah : rumus :

$Iy = I2y + F.a^2$

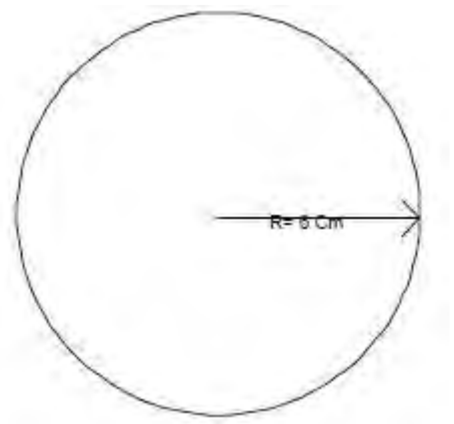
$Iy1 = 1/12.12\ cm(4\ cm)^3+48\ cm^2.(2\ cm)^2 = 64\ cm^4+192\ cm^4=256\ cm^4$

$Iy2 = 1/12.4\ cm(12cm)^3+48\ cm^2\ (2\ cm)^2=576\ cm^4+192\ cm^4=248\ cm^4$

Jadi Iy = 504 cm4

Contoh 3 :

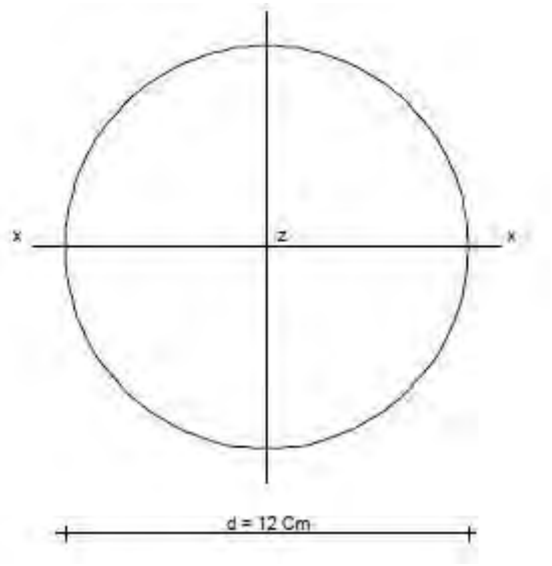
Diketahui suatu penampang profil dengan bentuk dan ukuran seperti gambar di bawah.



a) Hitung momen kelembaman Ix terhadap sumbu x yang melalui titik berat penampang.

b) Hitung momen kelembaman polarnya.

Penyelesaian :



a) Ix $= 1/20\ d^4$

$= 1/20.(12\ cm)^4$

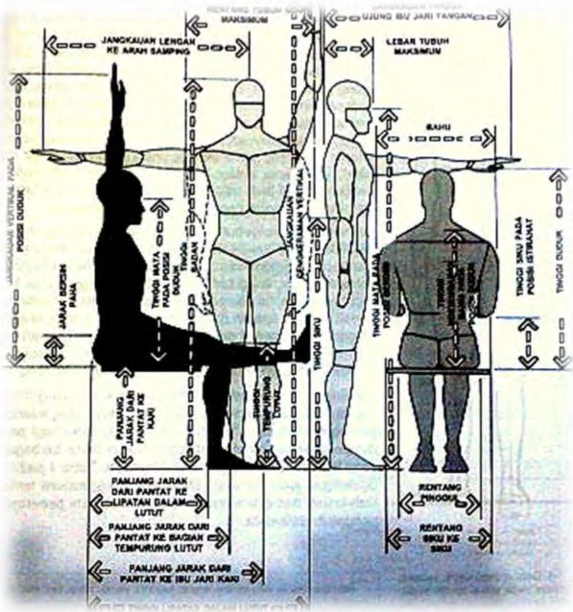
$= 1036,8\ cm^4$

b) $Ip = 0{,}1\ d^4$

$= 0{,}1.(12\ cm)^4$

$= 2073{,}6\ cm^4$

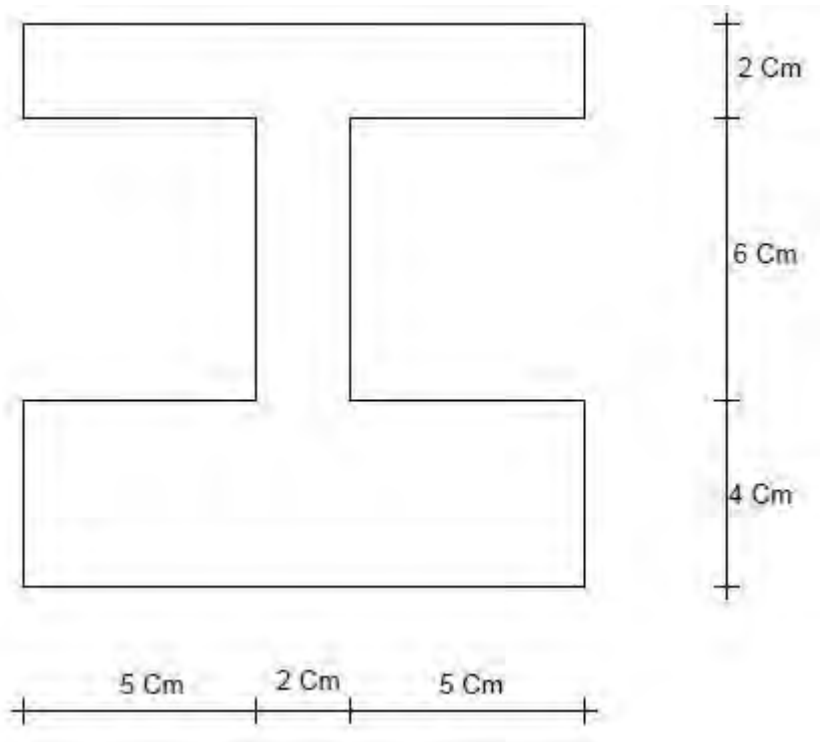
Tahukah kamu?



Desain kursi sesuai tinggi badan. Kursi didesain sesuai dengan tinggi badan sedemikian rupa sehingga stabil ketika kursi itu diduduki oleh orang yang sesuai dengan ukuran badannya. Dasar tumpuan kursi berupa empat buah kaki kursi panjangnya didesain sekitar sama dengan panjang kaki dari telapak kaki sampai ke lutut. Seseorang dalam keadaan berdiri titik berat tubuhnya berada sekitar beberapa sentimeter di atas pusar Ketika seseorang duduk, posisi kakinya akan menekuk sesuai dengan kursi yang didudukinya sehingga titik berat tubuhnya akan berada lebih rendah dari ketika ia berdiri. Dengan demikian dalam keadaan ini kedudukan kursi dan orang yang duduk diatasnya akan seimbang. Namun apabila ketinggian kaki kursi lebih tinggi dari pada titik berat seseorang yang akan mendudukinya ketika orang tersebut dalam keadaan berdiri atau tinggi kaki kursi lebih tinggi dari sekitar pusar orang tersebut, misalnya seorang bayi yang duduk pada kursi orang dewasa maka kursi tidak stabil dan mudah untuk menggelimpang ketika diduduki. Jadi kursi didesain sesuai dengan tinggi badan orang yang akan mendudukinya.

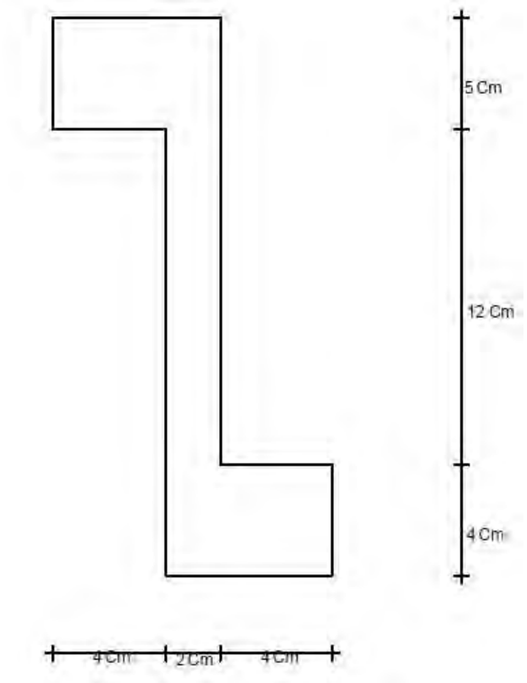
Soal Latihan

1. Diketahui suatu penampang profil dengan bentuk dan ukuran seperti gambar di bawah.



Hitunglah momen kelembaman Ix dan Iy terhadap sumbu x/y yang melalui titik berat penampang profil.

2. Diketahui suatu penampang profil dengan bentuk dan ukuran seperti gambar di bawah.



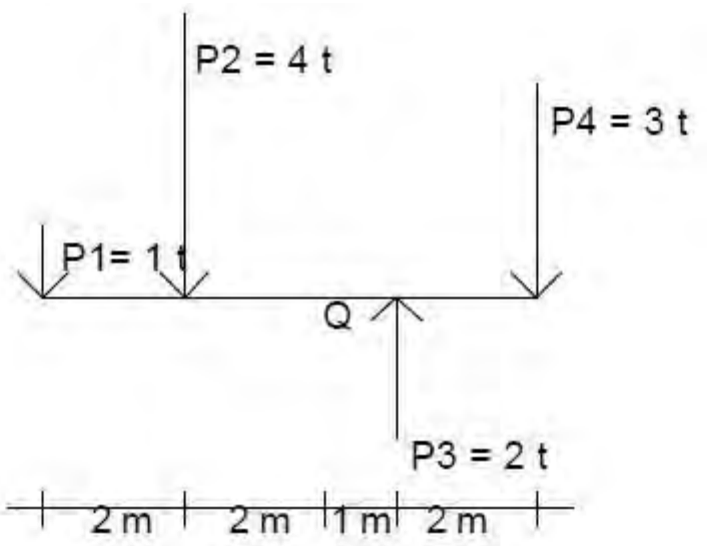
Hitunglah momen kelembaman Ix dan Iy terhadap sumbu x/y yang melalui titik berat penampang profil.

- **Petunjuk Penilaian**

No	Aspek	Indikator	Skor maks	Skor Yang dicapai	Ket
1	Soal No.1	Terjawab benar	50		
2	Soal No.2	Terjawab benar	50		
Jumlah Skor Maksimal			100		
Syarat Skor Minimal Lulus			70		
Jumlah Skor Yang Dapat Dicapai					
Kesimpulan				LULUS / TIDAK LULUS	

· **Lembar Evaluasi**

1. Tentukanlah momen gaya-gaya sejajar P1, P2, P3 dan P4 terhadap titik Q sebagai pusat momen yang terletak pada jarak 2 cm dari P2 (lihat gambar)

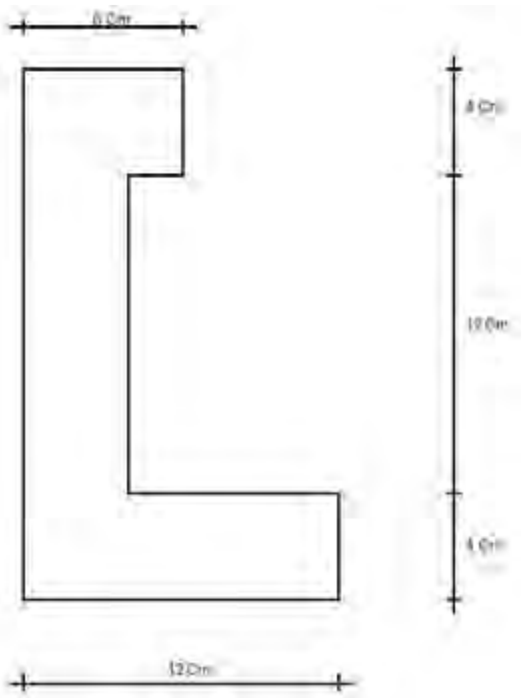


Kerjakan dengan cara :

a.Grafis

b.Analitis

2. Diketahui sebuath bangun berbentuk bidang datar seperti gambar di bawah.

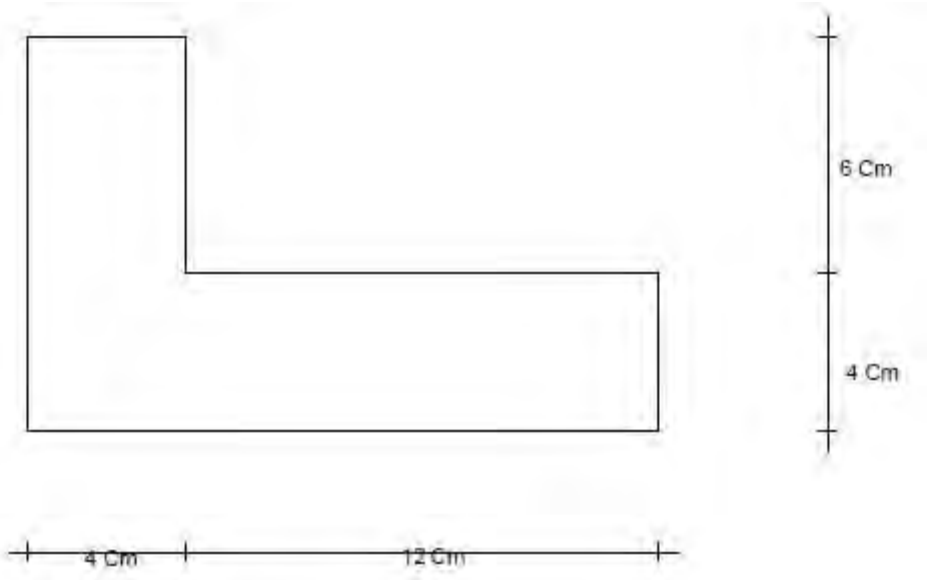


Tentukan letak titik berat Zo dengan cara :

a. Grafis

b. Analitis

3. Diketahui suatu penampang profil dengan bentuk dan ukuran seperti gambar di bawah ini.



Hitunglah momen kelembaman Ix dan Iy terhadap sumbu x/y yang melalui titik berat penampang profil.

- **Petunjuk Penilaian**

No	Aspek	Indikator	Skor maks	Skor Yang dicapai	Ket
1	Soal No.1	Terjawab benar	30		
2	Soal No.2	Terjawab benar	40		
2	Soal No.3	Terjawab benar	40		
Jumlah Skor Maksimal			100		
Syarat Skor Minimal Lulus			70		
Jumlah Skor Yang Dapat Dicapai					
Kesimpulan				LULUS / TIDAK LULUS	

KEGIATAN BELAJAR 10

KONSTRUKSI BALOK SEDERHANA

TUJUAN PEMBELAJARAN

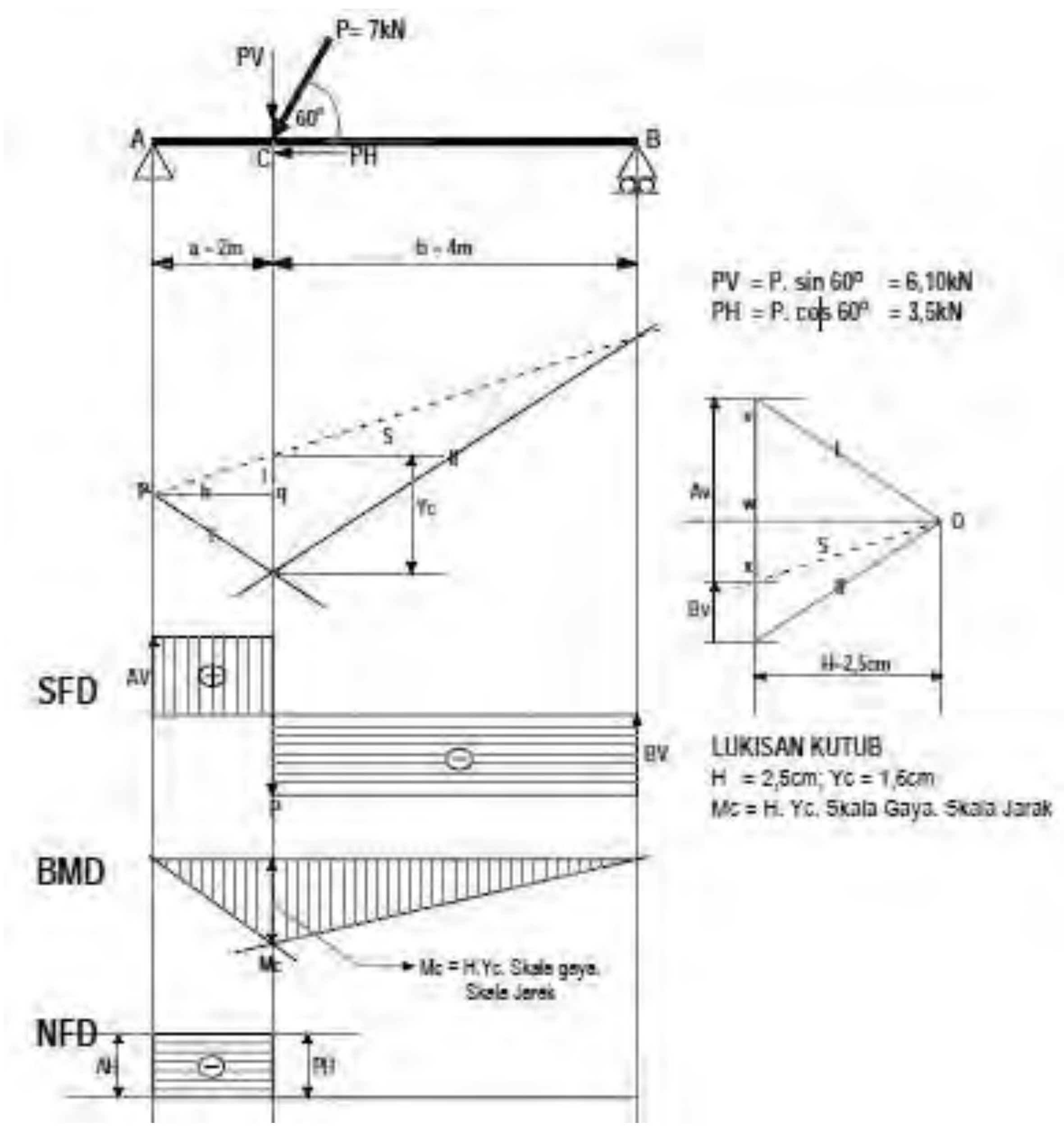
Setelah selesai mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian mampu :

1. Menerapkan konsep perhitungan kekuatan konstruksi balok sederhana
2. Menerapkan konsep arah kerja gaya atau beban
3. Menghitung reaksi tumpuan
4. Menghitung dan menggambar gaya dalam

A. Konstruksi Balok Sederhana

Konstruksi balok sederhana adalah konstruksi yang ditumpu pada dua titik tumpu, yang masing-masing berupa sendi dan rol. Jenis Konstruksi ini adalah statis tertentu, yang dapat diselesaikan dengan persamaan keseimbangan.

1. Konstruksi balok sederhana dengan sebuah beban terpusat Untuk dapat menggambar bidang SFD, NFD dan BMD terlebih dahulu harus dihitung reaksi arah vertikal. Sedangkan untuk menghitung besarnya reaksi, dapat dilakukan secara grafis ataupun analitis.



Gambar 1 Hasil *Shear force diagram* (SFD), *Bending moment diagram* (BMD), dan *Normal force diagram* (NFD) hasil perhitungan dengan cara grafis .

Cara grafis dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan skala jarak dan skala gaya (Misalkan skala jarak 1cm: 1m) dan skala gaya (1cm : 2kN).

2. Menggambar konstruksi balok dengan skala yang telah ditentukan dan memperpanjang garis kerja gaya Pv, Av, serta Bv.
3. Uraikan gaya menjadi Pv dan Ph.
4. Lukislah lukisan kutub dan poligon batangnya sehingga diperoleh besarnya Av dan Bv.
5. Besarnya reaksi adalah sama dengan panjang garisnya dikalikan dengan skala gayanya.
6. Besarnya momen adalah sama dengan panjang kutub (II) dikalikan dengan tinggi ordinat pada poligon batang (y) dikalikan dengan skala gaya dan skala jarak. (M = H.y. skala gaya. Skala jarak).

Untuk membuktikan besarnya M = H. Y, berikut disajikan penjelasannya. Lihat Gambar di atas, segitiga prt (dalam poligon batang) sebangun dengan segitiga Owx (pada lukisan kutub), maka diperoleh hubungan: Segitiga prt (dalam poligon batang)

$$\frac{\boldsymbol{Pt}}{\boldsymbol{rt}} = \frac{\boldsymbol{ox}}{\boldsymbol{vx}}$$

$$\boldsymbol{Pt} = \frac{ox}{vx}.rt$$

$$\boldsymbol{Pt} = \frac{ox}{Av}.Yc \text{ ....}(1)$$

Demikian juga segitiga pgt (pada poligon batang) sebangun segitiga Owx (pada lukisan kutub), maka juga diperoleh hubungan :

$$\frac{\boldsymbol{Pt}}{\boldsymbol{pq}} = \frac{\boldsymbol{ox}}{\boldsymbol{ow}}$$

$$\boldsymbol{pt} = \frac{\boldsymbol{pq}}{\boldsymbol{ow}}.\boldsymbol{ox}$$

$$\boldsymbol{pt} = \frac{\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{H}}.\boldsymbol{ox} \text{ ....}(2)$$

Persamaan (1) dan (2)

$$\frac{\boldsymbol{ox}}{\boldsymbol{Av}}.\boldsymbol{Yc} = \frac{\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{H}}.\boldsymbol{ox}$$

$$\frac{\boldsymbol{Yc}}{\boldsymbol{Av}} = \frac{\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{H}}$$

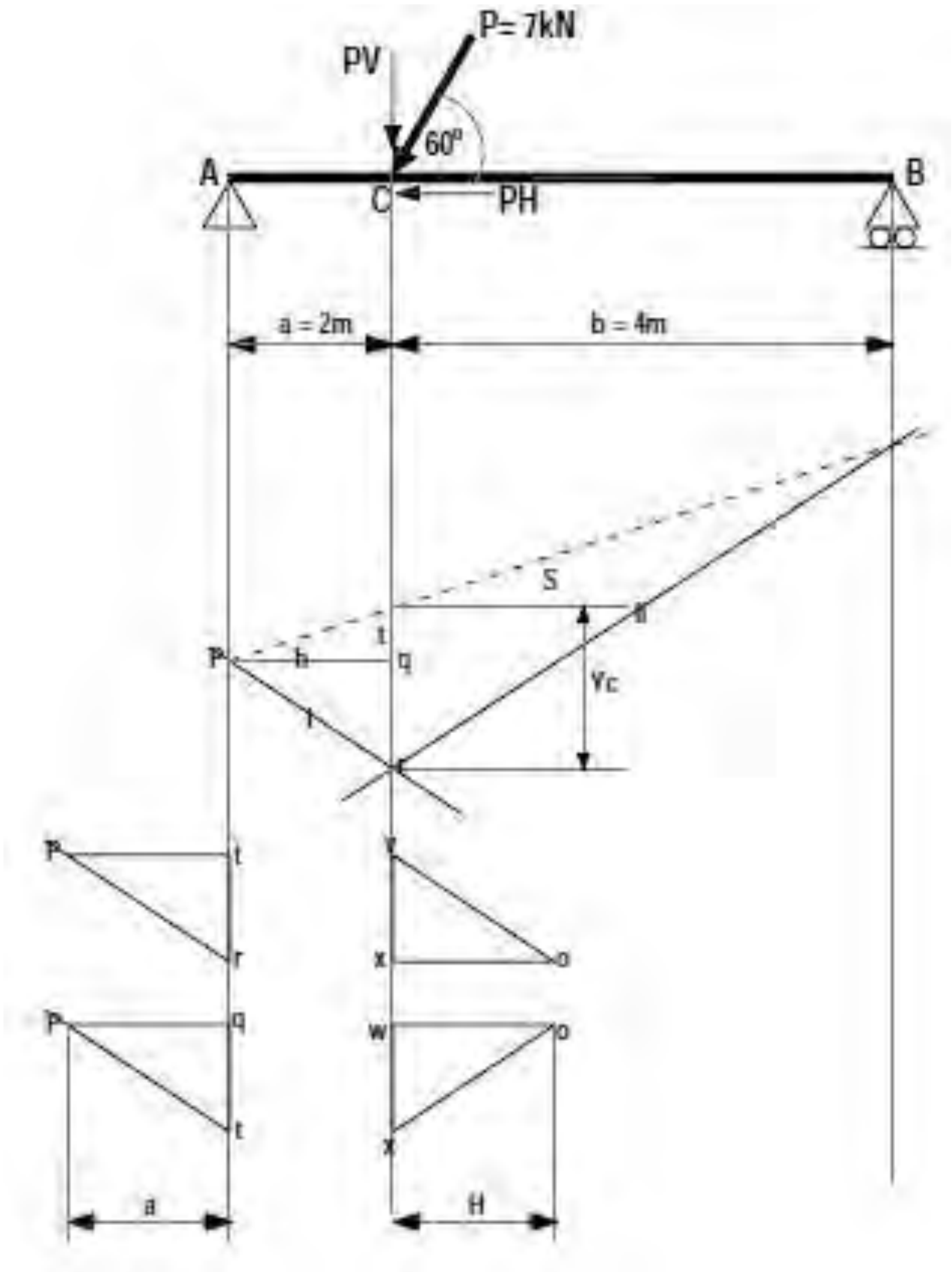
$$Av.a = H.Yc$$

$$M = H.Yc$$

Dalam kasus di atas, H = 2,5 cm; Yc =1,6 cm; maka:

$Mc = H.Yc$. skala gaya. Skala jarak

= 2,5. 1,6. 1.2 =8 kNm



Gambar 2. Metode pembuktian momen dengan cara grafis

Cara Analitis

$$\sum \mathrm{M_A} = 0$$

$$Pv.\,a - Bv.\,L = 0 \quad \text{------}\rightarrow \quad Bv = \frac{Pv.a}{L}$$

$$Bv = \frac{6{,}1\,.2}{6} = 2{,}03\; kN\;(ke\;atas)$$

$$\sum M_B = 0$$

$$Av\,.\,L = Pv\,.\,b = 0 \quad \text{-----}\rightarrow \quad Av = \frac{Pv.b}{L}$$

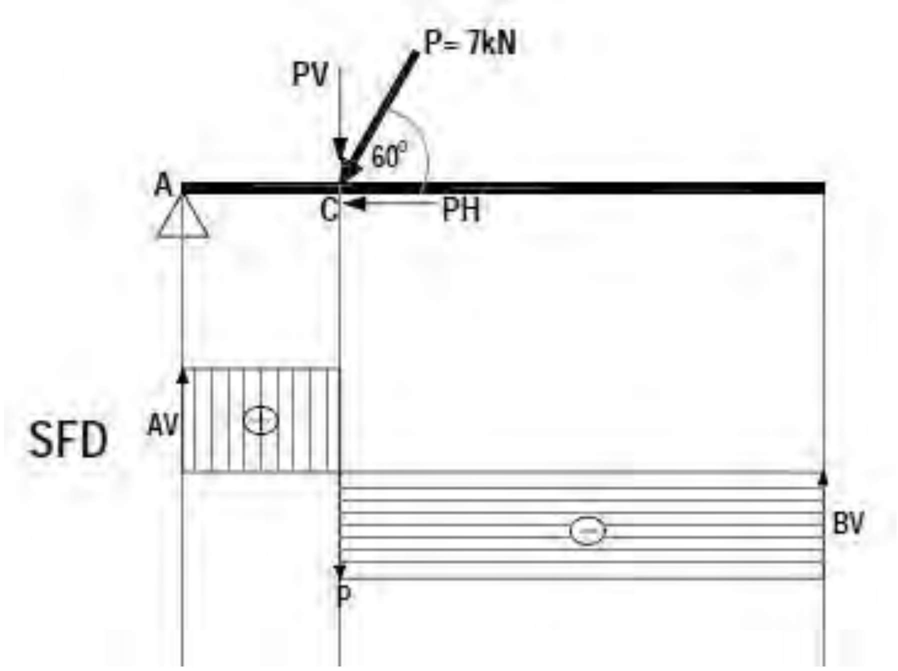
$$Av = \frac{6{,}1\,.4}{6} = 4{,}07\; kN\;(ke\;atas)$$

$$\sum Gh = 0$$

Ah – Ph = 0
Ah = Ph = 3,5 kN
Momen
MA = 0.................................Karena A adalah tumpuan sendi
MB = 0 ....Karena B adalah tumpuan rol

***Bending Moment diagram* (BMD)**
Mc = Av.2 = 4,07. 2 = 8,14 kNm

***Shear forces diagram* (SFD)**
Merupakan gaya yang tegak lurus dengan sumbu batang



Gambar 3. *Shear forces diagram* (SFD) dengan beban Pα

Luas bidang D positif = Luas Bidang D Negatif

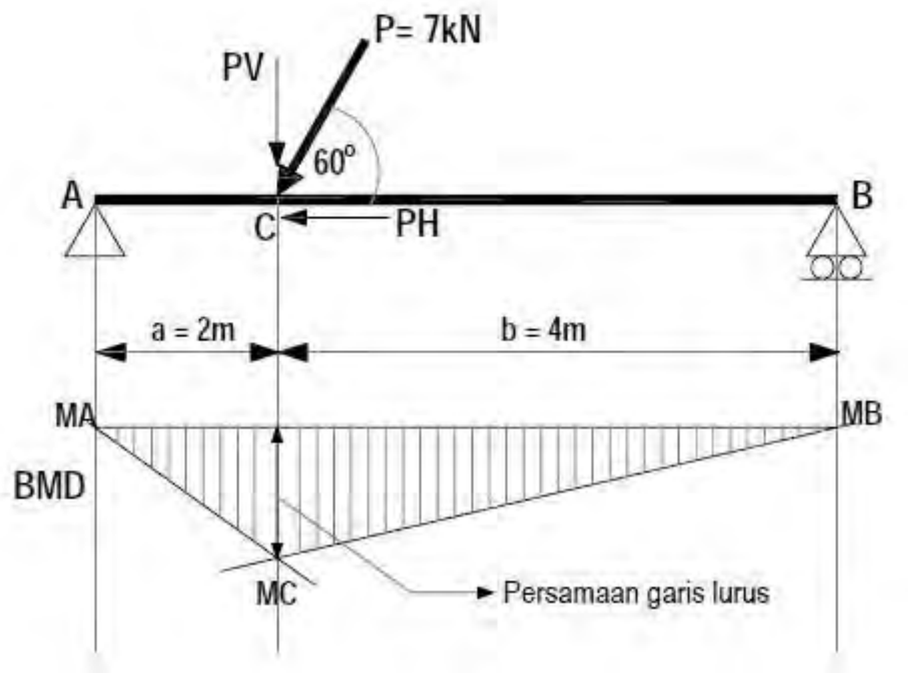
Av. a = Bv. b

4,07. 2 = 2,03. 4

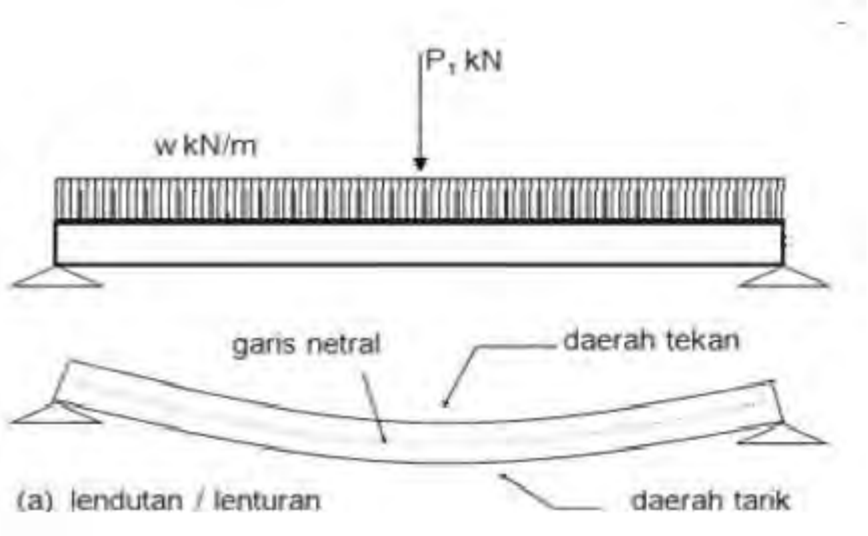
8,14kN = 8,12kN

Selisih hasil 0,245%

Momen (*bending moment diagram*)



Gambar 42. Bending momen diagram akibat beban Pα



Gambar 43. Mekanisme lentur pada balok beton bertulang akibat beban merata dengan tumpuan sederhana.

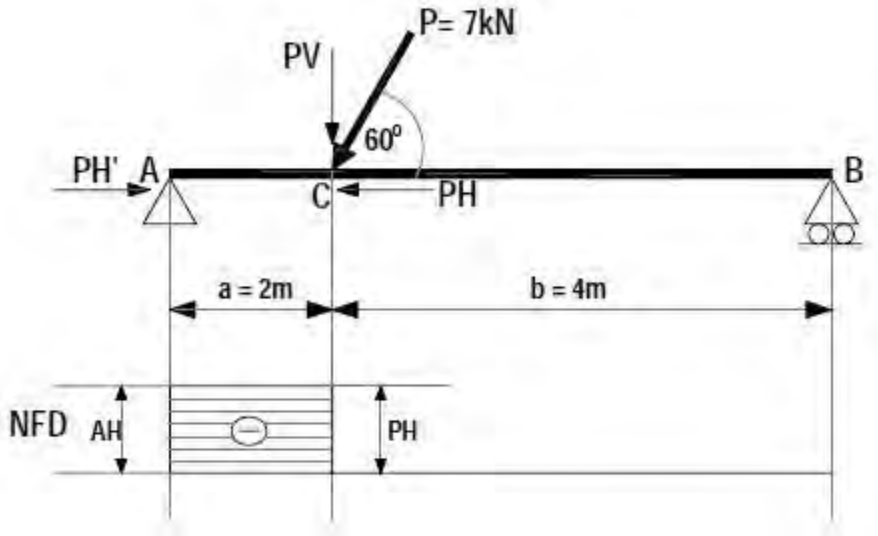


Gambar 44. Aplikasi pengujian lentur pada kayu
http://ft.unpar.ac.id/program-studi/teknik-sipil/komunitas-bidang-ilmu/teknik-struktur/laboratorium/



Gambar 45. Aplikasi struktur rangka di lapangan

Perhatikan letak tumpuan sendi dan rolnya. Tumpuan rol tidak dapat menahan gaya horisontal. Gaya normal bekerja pada titik A sebesar Ah sejauh titik C. gaya normal bernilai tekan (-).

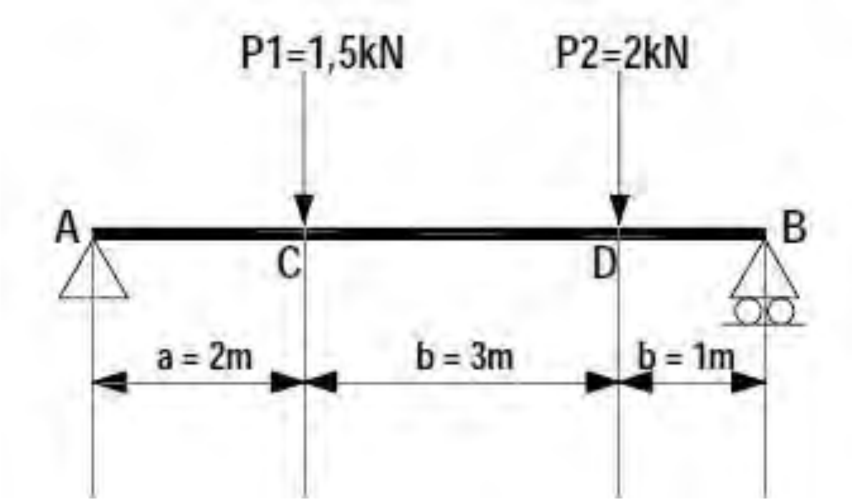


Gambar 46. *Normal force diagram* (NFD)



B. Contoh soal dan penyelesaian

Diketahui suatu struktur balok seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 48. Balok tumpuan sederhana dengan 2 beban terpusat.

Ditanyakan besarnya Reaksi (RA, RB, *bending moment diagram* (BMD), *shear force diagram* (SFD).

ΣMB = 0; (semua gaya-gaya diasumsikan ke titik B).

$$R_A.8 - 1{,}5.(6) - 2.(3) = 0$$

$$R_A = \frac{1{,}5.(6) + 2.(3)}{8} = \frac{15}{8} = 1{,}875\,kN$$

$\sum M_A = 0$; (semua gaya-gaya diasumsikan ke titik A).

$$-R_B.8 + 2.(5) + 1{,}5.(2) = 0$$

$$R_B = \frac{2.(5) + 1{,}5.(2)}{8} = \frac{13}{8} = 1{,}625\,kN$$

Kontrol :

$P_1 + P_2 \quad = R_A + R_B$

$1{,}5 + 2 \quad = 1{,}875 + 1{,}625$

$3{,}50$ kN $\quad = 3{,}5$ kN

Momen pada tiap titik (BMD)

$M_A = M_B = 0$

$M_C = R_A . a = 1.875 . 2 = 3.75$ kNm (+)

$M_D = R_A . b - P_1 . (b-a)$

$= 1.875 . 5 - 1.5 . 3 = 4.975$ kNm (+)

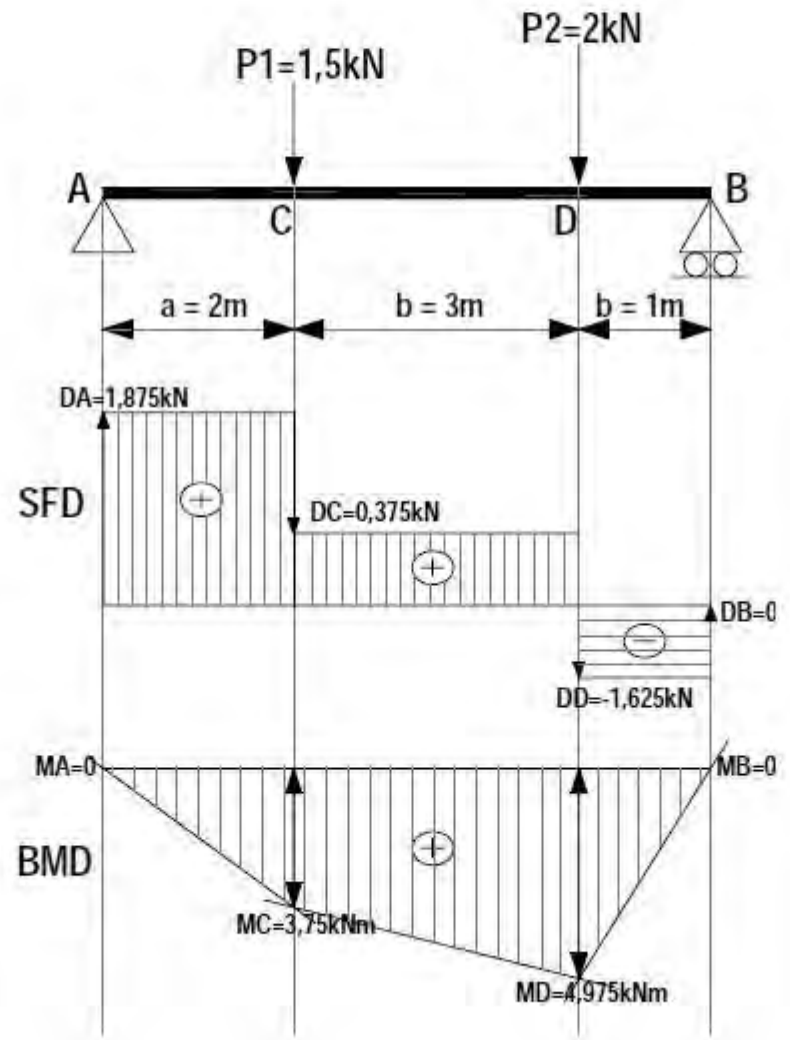
Bidang gaya lintang (SFD)

$D_A = R_A = 1.875$ kN

$D_C = R_A - P_1 = 1.875 - 1.50 = 0.375$ kN (+)

$D_D = D_C - P_2 = 0.375 - 2 = -1.625$ kN (-)

$D_B = D_D + R_B = -1.625 + 1.625 = 0$

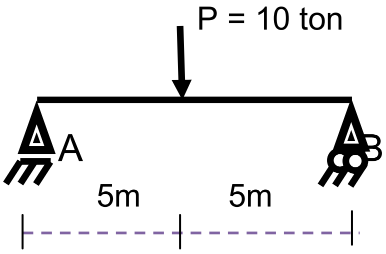


Gambar 49. Hasil *Shear force diagram* (SFD), *Bending moment diagram* (BMD), dan *Normal force diagram* (NFD) hasil perhitungan dengan cara analitis.

Contoh soal:

A. Gaya reaksi pada beban titik:

contoh 1;



Hitung besarnya reaksi dari tumpuan diatas :

1. $\Sigma MA = 0$

   –RB . 10m + P . 5m = 0

   –RB . 10m + 10 ton . 5m = 0

   –RB . 10m + 50tm = 0

   –RB . 10m = –50tm

   $RB = \frac{-50tm}{-10m}$

   RB = 5ton

2. $\Sigma MB = 0$

   RA . 10m - P . 5m = 0

   RA . 10m - 10 ton . 5m = 0

   RA . 10m - 50tm = 0

   RA . 10m = 50tm

   $RA = \frac{50tm}{10m}$

   RA = 5ton

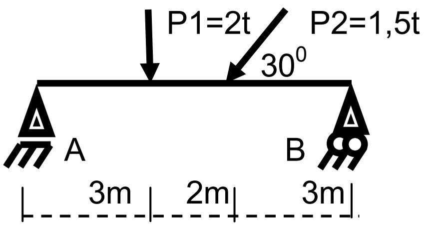
Kontrol :

RA + RB = P

5 ton + 5 ton = 10 ton

10 on = 10 ton..................OK!

contoh 2 :



Hitunglah besarnya reaksi tumpuan A dan B ?

$\Sigma H = 0$

HA – P2. Cos 30^0 = 0

HA = P2 cos 30^0

$\Sigma V = 0$

= P1 + P2 sin 30^0

= 2t + 1,5 . 0,5

HA = 1,5 . 0,866 = 2,75 t

HA = 1,299t

1. ΣMA = 0

–RB . 8m + P1. sin 30 . 5m + P2 . 3m= 0

–RB . 8m + 1,5 t . 0,5 . 5m + 2t . 3m= 0

–RB . 8m + 3,75tm + 6tm= 0

–RB . 8m = –9,75tm

$$RB = \frac{-9,75tm}{-8m}$$

RB = 1,22ton

2. ΣMB = 0

RA . 8m – P1 . 5m – P2. sin 30 . 3m = 0

RA . 8m - 2 t . 5m – 1,5t . 0,5 . 3m= 0

RA . 8m - 10tm – 2,25tm= 0

RA . 8m = 12,25tm

$$RA = \frac{12,25tm}{8m}$$

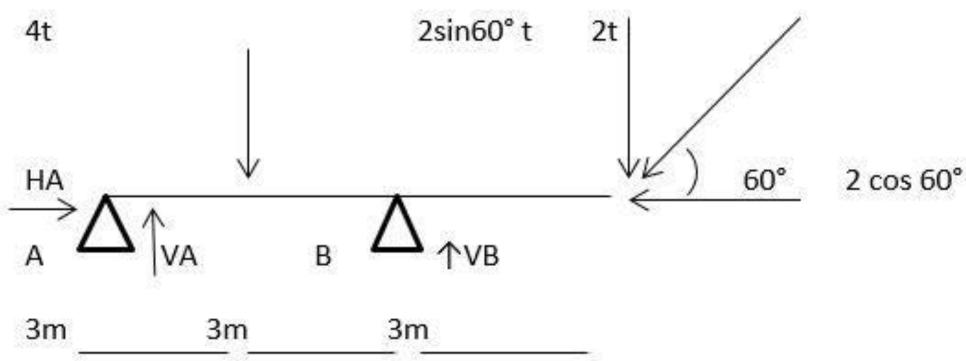
RA = 1,53ton

Kontrol : P1 + P2 . sin 30^0 = RA + RB

2t + 1,5 . 0,5 = 1,53 + 1,22

2,75 ton = 2,75 ton……………..ok!

3



$\sum H = 0$
HA-2 cos 60° = 0
HA = 2 cos 60°
= 2. ½
= 1 t

$\sum MA = 0$
4(3)-vb(6)+2sin 60° (9) = 0
12 - 6vb + 15.588 = 0
6vb = 15.588 + 12
Vb = 4.598 t

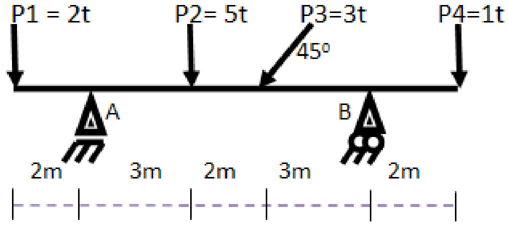
$\sum MB = 0$
Va(6)-4(3)+2 sin 60°(30) = 0
Va = 4(3)-2 sin 60(3)6
Va = 1.134 t

Cek $\sum V = 0$
Va + vb – 4 – 2 sin 60° = 0
1.134 + 4.598 – 2 sin 60° = 0
0 = 0 ok !!!

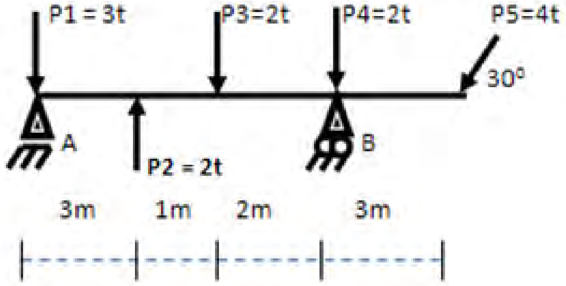
Tugas

Soal tugas 1 :

1. Hitung reaksi tumpuan A dan B ?

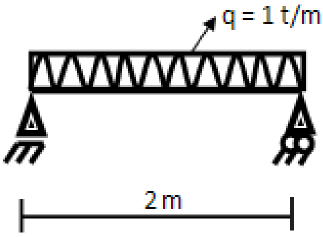


2. Hitung reaksi tumpuan A dan B ?



B. Gaya reaksi pada beban terbagi rata

Contoh 1 :



Reaksi Tumpuan RA dan RB….?

Jawab : Q = q x l
= 1 t/m x 2 m
= 2 t

ΣMA = 0

+ Q . 1m – RB . 2m = 0

2t . 1m – 2RB= 0

-2RB = -2tm

$RB = \frac{-2tm}{-2m}$

RB = 1t

ΣMB = 0

-Q . 1m + RA . 2m = 0

-2t . 1m + 2RA= 0

2RA = 2tm

$RA = \frac{2tm}{2m}$

RA = 1t

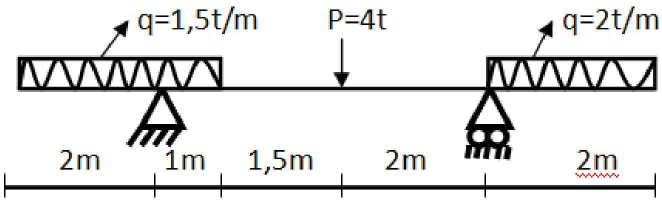
Control

RA + RB = Q

1t + 1t = 2t

2t = 2t………..OK!

Contoh 2 :



Reaksi Tumpuan RA dan RB….?

Jawab :

Q1 = q x l

= 1,5t/m x 3m

= 4,5t

Q2 = q x l

= 2t/m x 2m

= 4t

ΣMA = 0

-Q1 . 0,5m + P . 2,5m - RB . 4,5m + Q2 . 5,5m = 0

-4,5 . 0,5m + 4 . 2,5m – 4,5RB + 4 . 5,5m = 0

-2,25tm + 10tm – 4,5RB + 22tm =0

-4,5RB = -29,75tm

RB = $\frac{-29,75tm}{-4,5m}$

RB = 6,61t

ΣMB = 0

-Q1 . 5m - P . 2m + RA . 4,5m + Q2 . 1m = 0

-4,5 . 5m - 4 . 2m + 4,5RA + 4 . 1m = 0

-22,5tm – 8tm + 4,5RA + 4tm = 0

4,5RA = 26.5tm

RA = $\frac{26,5tm}{4,5m}$

RA = 5,89t

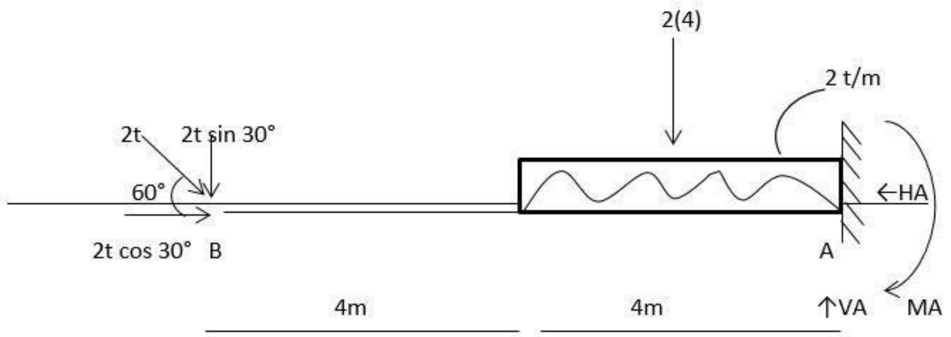
Control

RA + RB = Q1 + Q2 + P

6,61t + 5,89t = 4,5t + 4t + 4t

12,5t = 12,5t……….OK!

3.



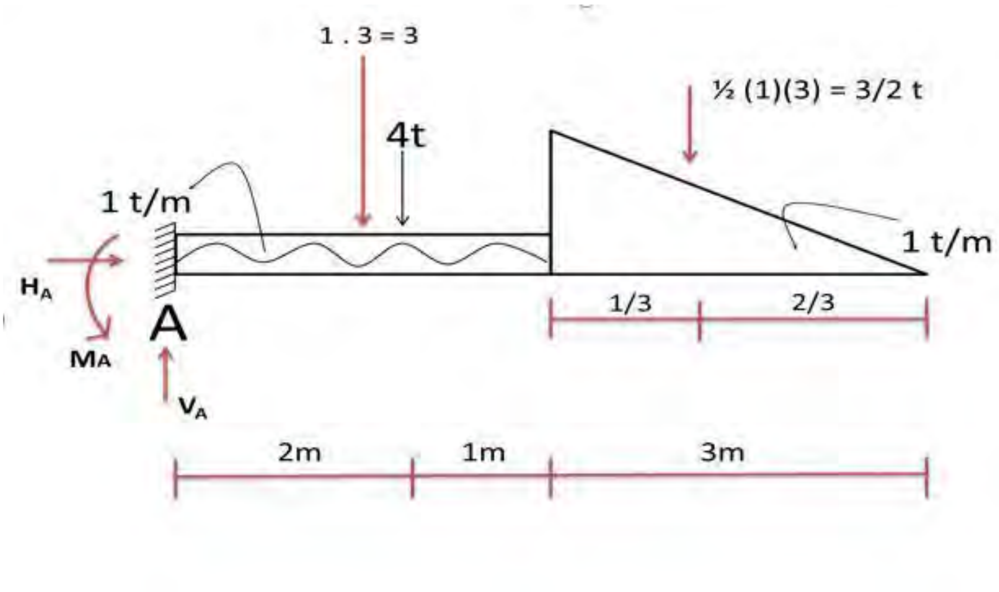
$\sum MA = 0$
-2 cos 30° (8) – 2 (4) (2) – (4) (2) + ma = 0
Ma =2 sin 30° (8) + 2 (4) (2)
= 24 tm

$\sum H = 0$
-HA + 2 cos 30° = 0
HA = 2 cos 30°
HA = $\sqrt{3}$

$\sum MB = 0$
2(4)6-va(8) + ma = 0
48 + ma= va(8)
48+24 = va 8
VA = 9t

Cek :
$\sum V = 0$
Va – 2(4) -2 sin 30° = 0
9 – 8 – 2 ½ = 0
0 = 0 ok !!!

4.



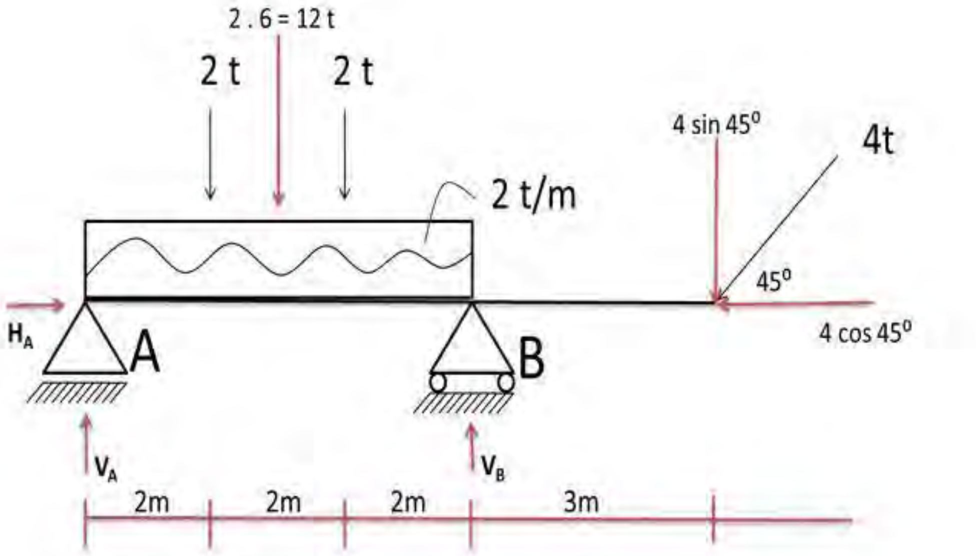
Jawaban :

∑H = 0
HA = 0

∑MA = 0
MA - 3(1,5) – 4(2) – 3/2 (4) = 0
MA = 4,5 + 8 +6
MA = 18,5 t

∑V = 0
VA – 3 – 4 – 3/2 = 0
VA = 3 + 4 + 3/2
VA = 7 + 3/2
VA = 8,5 t

Bukti :
∑MB = 0
MA + 3(4,5) + 4(4) +3/2(2) – VA(6) = 0
18,5 + 13,5 + 16 + 3 – (8,5)(6) = 0
18,5 + 13,5 +19 = 51
51 t = 51 t
OK !
5.



Jawaban :

$\sum H = 0$

$HA - 4 \cos 45^0 = 0$

$HA = 4 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2}$

$\quad = 2\sqrt{2}$

$\quad = 2{,}8284$ t

$\sum MA = 0$

$2(2) + 12(3) + 3(4) + 4 \sin 45^0 (9) - VB\ (6) = 0$

$6\ VB = 4 + 36 + 12 + 2\sqrt{2}\ (9)$

$6\ VB = 52 + 25{,}4556$

$6\ VB = 77{,}4556$

$VB \quad = 12{,}909$ t

$\sum MB = 0$

$VA\ (6) - 2(4) - 12(3) - 3(2) + 4 \sin 45^0 (3) = 0$

$6\ VA = 8 + 36 + 6 - 2\sqrt{2}\ (3)$

$6\ VA = 50 - 8{,}4852$

$6\ VA = 41{,}5148$

$VA \quad = 6{,}9191$ t

Bukti :

∑V = 0

VA + VB – 2 – 12 – 3 – 4 sin 45^0 = 0

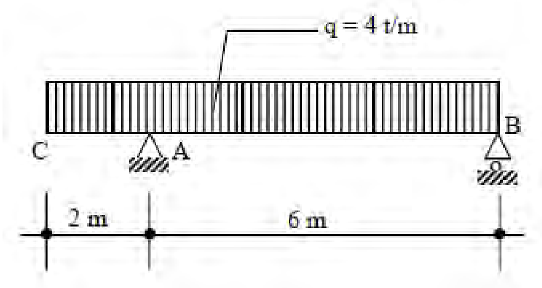
6,9191 + 12,909 = 2 + 12 + 3 +2,8284

19,828 t = 19,828 t

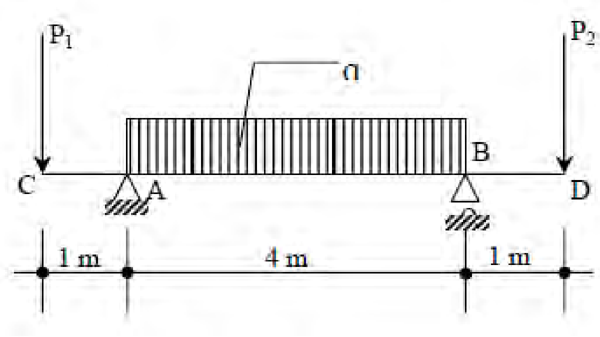
OK !

Soal Tugas 2 :

1. Hitung RA dan RB dari struktur dibawah ini ?

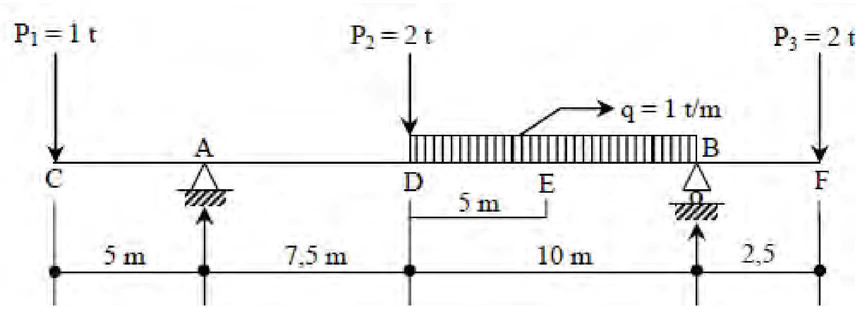


2. Hitung RA dan RB dari struktur dibawah ini ?



Ket : P1 = 2t
P2 = 4t
q = 2t/m

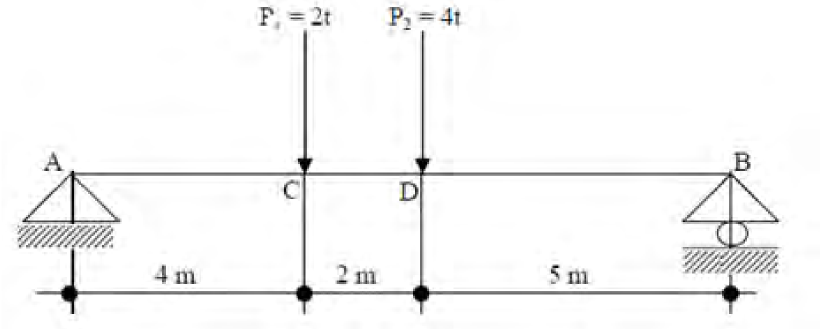
3. Hitung RA dan RB dari struktur dibawah ini ?



C. Menghitung dan Menggambar Gaya Dalam

Contoh kasus :

1 .



Hitung RA dan RB kemudian gambarkan bidang gaya dalamnya ?

a. Menghitung Reaksi tumpuan

ΣMA = 0

-RB . 11m + P2 . 6m + P1 . 4m = 0

-11RB + 4 . 6m + 2 . 4m= 0

-11RB +24tm + 8tm = 0

RB = $\frac{32tm}{11m}$

RB = 2,91t

ΣMB = 0

RA . 11m – P1 . 7m – P2 . 5m = 0

11RA – 2 . 7m – 4 . 5m= 0

11RA – 14tm – 20tm = 0

RA = $\frac{34tm}{11m}$

RA = 3,09t

Control

RA + RB = P1 + P2

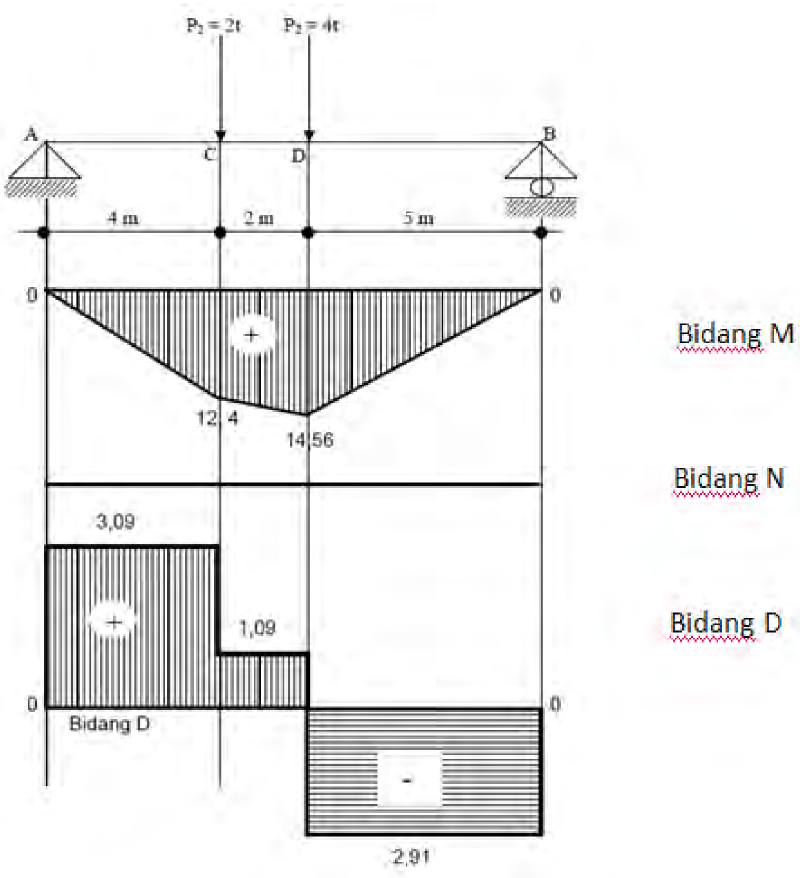
3,09t + 2,91t = 2t + 4t

6t = 6t………..OK!

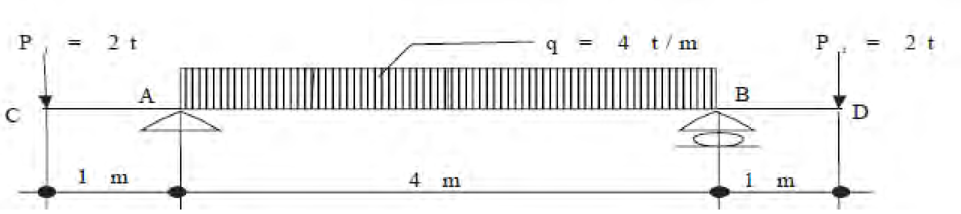
b. Menghitung gaya dalam

- Bidang N = 0
- Bidang M :
  - ➔MA = 0 t
  - ➔MC = + RA . 4m = 3,09t . 4m = 12,36tm
  - ➔MD = +RA . 6 – P1 . 2m = 3,09 . 6m – 2 . 2m = 14,54tm
  - ➔MB = 0 t
- Bidang D
  - ➔D (A-C) = +RA = 3,09t
  - ➔D (C-D) = +RA – P1 = 3,09 – 2 = 1,09t
  - ➔D (D-B) = +RA – P1 – P2 = 3,09 – 2 – 4 = -2,91t

Gambar bidang gaya dalam (M, D, N)



2. Hitung RA dan RB serta gambarkan bidang gaya dalamnya?



a. Menghitung reaksi

$$Q = q \times l$$

$$= 4t/m \times 4m$$

$$= 16t$$

ΣMA = 0

-RB . 4m + P2 . 5m – P1 . 4m + Q .2m =0

-4RB + 2 . 5m – 2 . 1m + 16 . 2m= 0

-4RB + 10tm – 2tm + 32tm = 0

$$RB = \frac{40tm}{4m}$$

RB = 10t

ΣMB = 0

RA . 4m – P1 . 5m + P2 . 1m – Q . 2m =0

4RA – 2 . 5m + 2 . 1m – 16 . 2m= 0

4RA – 10tm + 2tm – 32tm = 0

$$RA = \frac{40tm}{4m}$$

RA = 10t

Control

RA + RB = P1 + P2 + Q

10t + 10t = 2t + 2t + 16t

20t = 20t……….OK!

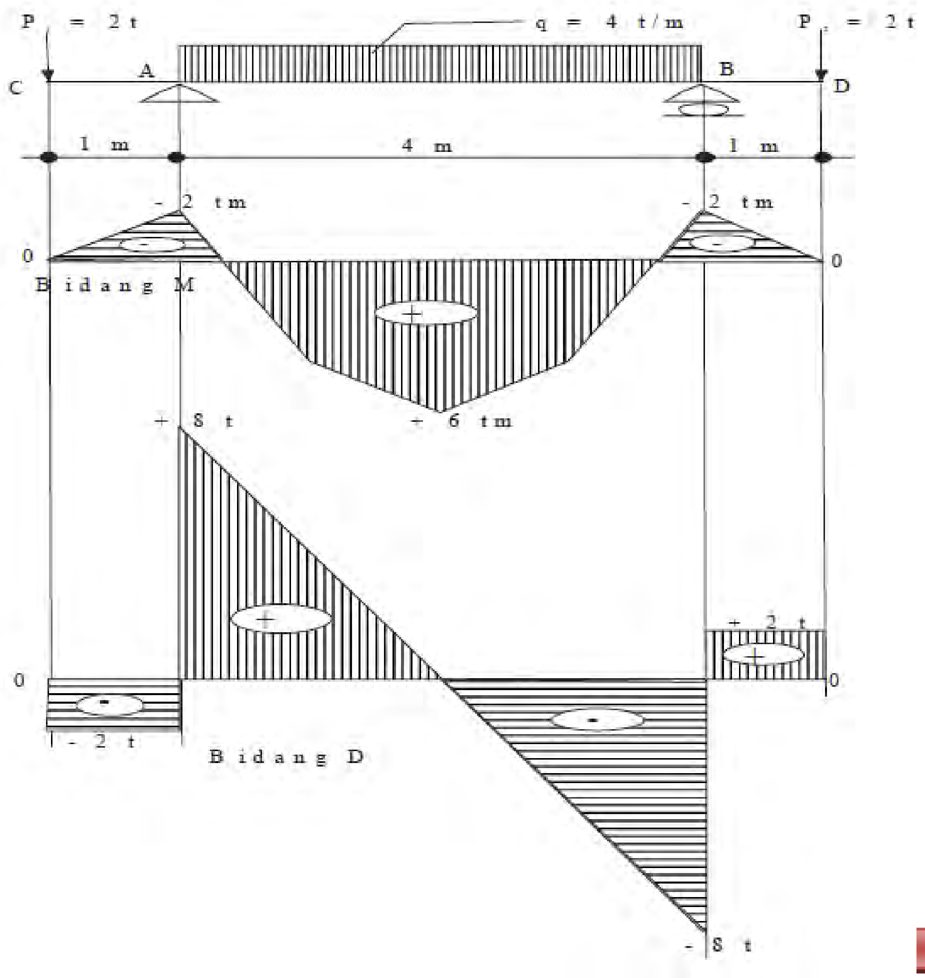
b. Menghitung gaya dalam

- Bidang N = 0

- Bidang M
  →MC = 0
  →MA = -P1 . 1m = -2t . 1m = -2tm
  →Mmaks = $1/8ql^2$ – P1 . 1m = 1/8 . 4t . (4^2)m – 2t . 1m = 6tm
  →MB = -P2 . 1 = 2t . 1m = -2tm
  →MD = 0

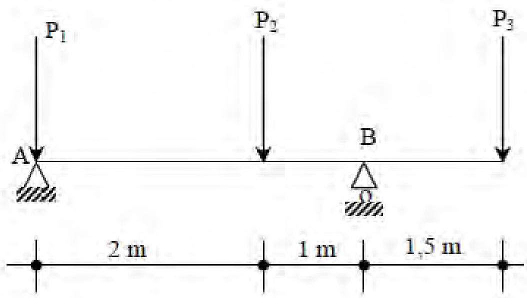
- Bidang D
  →DC = -P1 = -2t
  →DA = -P1 = -2t
  →D'A = -P1 + RA = -2t + 10t = 8t
  →DB = -P1 + RA – Q = -2t + 10t – 16 = -8t
  →D'B = -P1 + RA – Q + RB = -2t + 10t – 16 + 10t = 2t
  →D'D = -P1 + RA – Q + RB + P2 = -2t + 10t – 16 + 10t + 2t= 0

Gambar bidang gaya dalam (M, D, N)



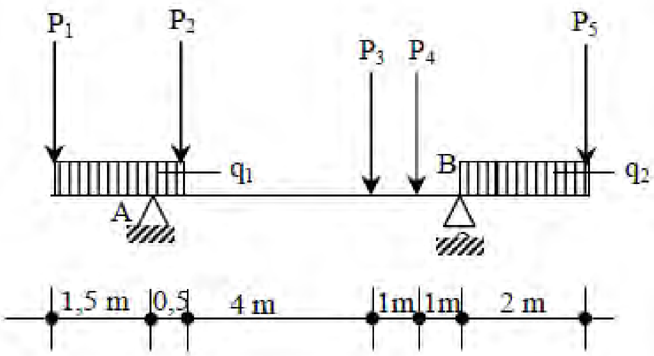
Soal Tugas 3 :

1. Hitung RA dan Rb dan gambarkan bidang gaya dalamnya



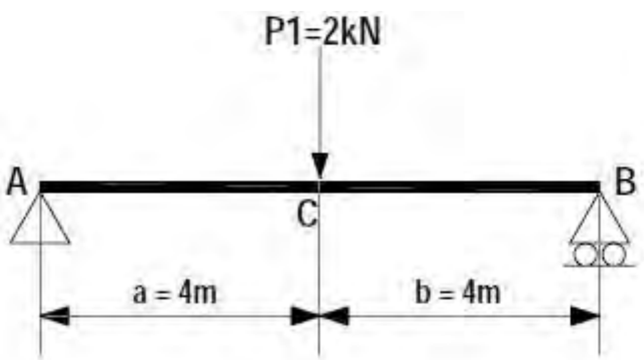
P1 = 2t
P2 = 4t
P3 = 2,5t

2. Hitung RA dan Rb dan gambarkan bidang gaya dalamnya



P1 = 1t
P2 = 2t
P3 = 2,5t
P4 = 1t
P5 =2,5t
q1 = 1.8t/m
q2 = 1,5t/m

3. Besarnya RA, RB, *Shear force diagram* (SFD), *Bending moment diagram* (BMD) dengan cara grafis dan analitis.



KEGIATAN BELAJAR 11

KONSTRUKSI BALOK SEDERHANA DENGAN BEBAN MERATA DAN KOMBINASI

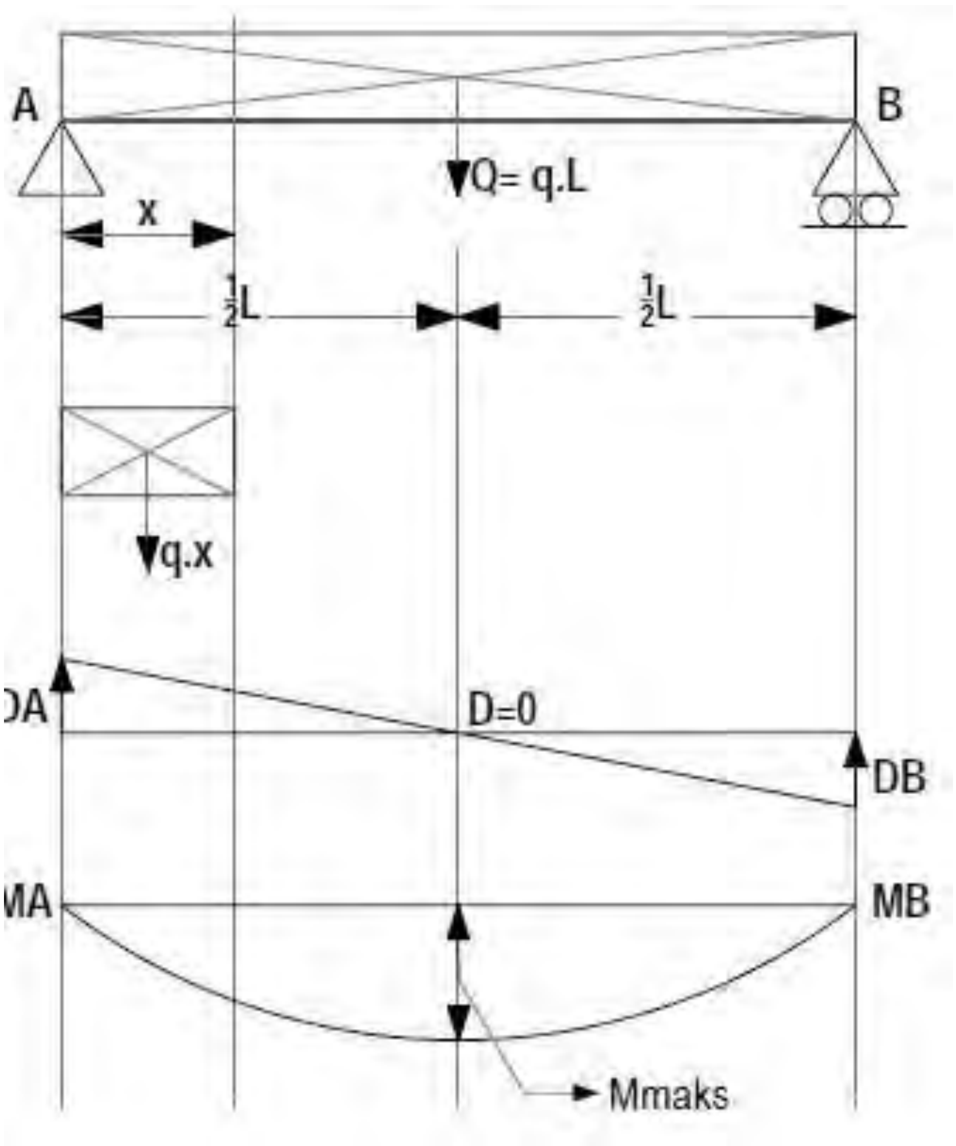
TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah selesai mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian mampu :

1. Menerapkan konsep perhitungan kekuatan konstruksi balok sederhana dengan beban merata dan kombinasi
2. Menerapkan konsep arah kerja gaya atau beban
3. Menghitung reaksi tumpuan
4. Menghitung dan menggambar gaya dalam

KBS dengan beban merata dan KBS dengan beban kombinasi

Untuk menghitung dan menggambar bidang BMD dan bidang SFD pada pembebanan merata, dapat dilakukan dengan metode Grafis dan analitis. Pada cara grafis, beban merata ditransfer menjadi beban terpusat. Dengan adanya transfer beban ini, Gambar bidang M dan bidang N akan sedikit berbeda apabila dihitung tanpa transfer beban. Perbedaan ini tergantung pada transfer bebanya, semakin kecil elemen beban yang ditransfer menjadi beban merata, maka hasilnya akan semakin teliti (mendekati sebenarnya). Dengan kata lain, cara grafis kurang teliti bila dibandingkan dengan cara analitis. Oleh karena itu, dalam pembahasan kali ini tidak dijelaskan cara menghitung dan menggambar secara grafis.



Gambar 4. *Simple beam* dengan beban merata

Pada Gambar 80 di atas, apabila dihitung dengan menggunakan cara analitis, maka akan mendapatkan nilai maksimum dengan bentuk kurva parabolik, disebabkan adanya beban merata pada struktur balok tersebut.

I. Momen Lentur dan Gaya Melintang di Tampang Tegak.

Contoh :

Balok A-B pada dua tumpuan A engsel dan B rol, beban luar P. Beban P akan menimbulkan gaya-gaya reaksi di A = Av (R_{AV}) dan di B = Bv (R_{BV}).

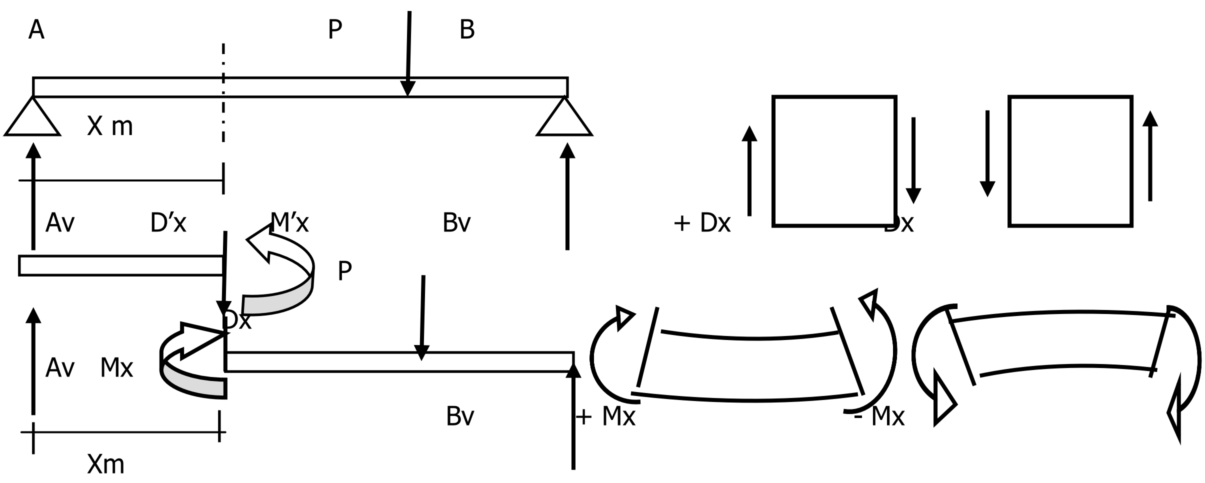
Sejarak X meter dari tumpuan A dipotong (S-T). Bagian kiri (S-T) dalam keadaan seimbang karena gaya melintang D' diadakan oleh bagian kanan. Pada bagian kiri D' sama besarnya denga Av tetapi arahnya berlawanan. Bagian kanan mengadakan kopel M'x, arahnya berlawanan dengan kopel luar yang diadakan oleh RA dan D'x. menurut Aksi = - Reaksi.

Bagian kiri mengadakan gaya melintang Dx terhadap bagian kanan dimana Dx = -D'x dan Mx = -M'x.

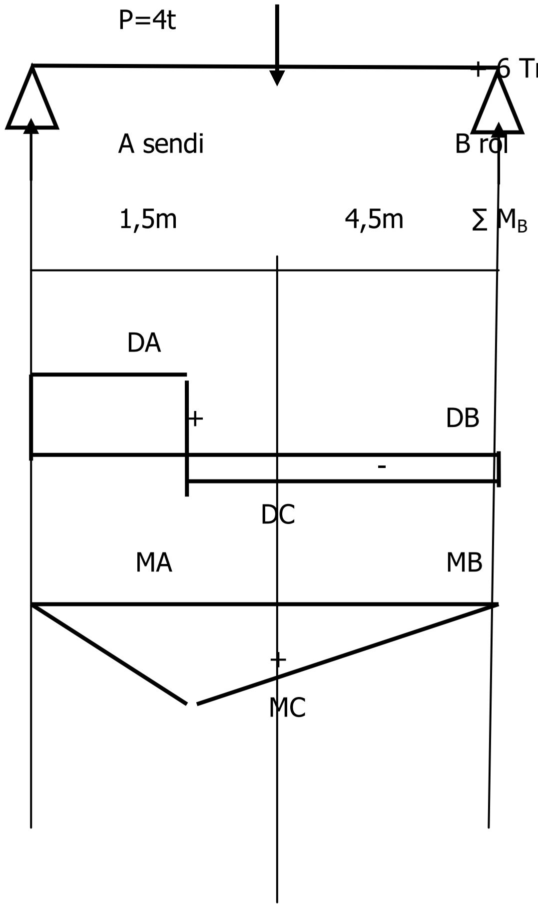
Gaya Melintang (D) disebut positif bila : bagian kiri membuat gaya geser yang arahnya keatas terhadap bagian kanan.

Momen Lentur (M) disebut positif bila : bagian kiri mengadakan momen yang arah putarnya positif terhadap bagian kanan.

Lihat gambar :



Contoh soal :



$\sum M_A = 0, + 4\,T.\ 1{,}5\ m - RBv.\ 6\ m = 0$

$+ 6\ Tm - RBv.\ 6\ m = 0$

$RBv = \dfrac{-6Tm}{-6m} = +1T$

$\sum M_B = 0,\ - 4\,T\ .\ 4{,}5\ m + RAv.\ 6\ m = 0$

$- 18\ Tm + RAv.\ 6\ m = 0$

$RAv = \dfrac{+18Tm}{+6m} = +3T$

Bidang D :

DA = + RAv = + 3 T

DC = + RAv – P

= + 3 T – 4 T

= - 1 T

DB = + RAv – P + RBv

= + 3 T – 4 T + 1 T

= 0 T

Bidang M :

MA = + RAv . 0 m

= + 3 T . 0 m

= 0 Tm

MC = + RAv . 1,5 m – P . 0

= + 3 T . 1,5 m – 4 T . 0 m

= + 4,5 Tm – 0 Tm

= + 4,5 Tm

MB = + Rav . 6 m – P . 4,5 m + RBv . 0m

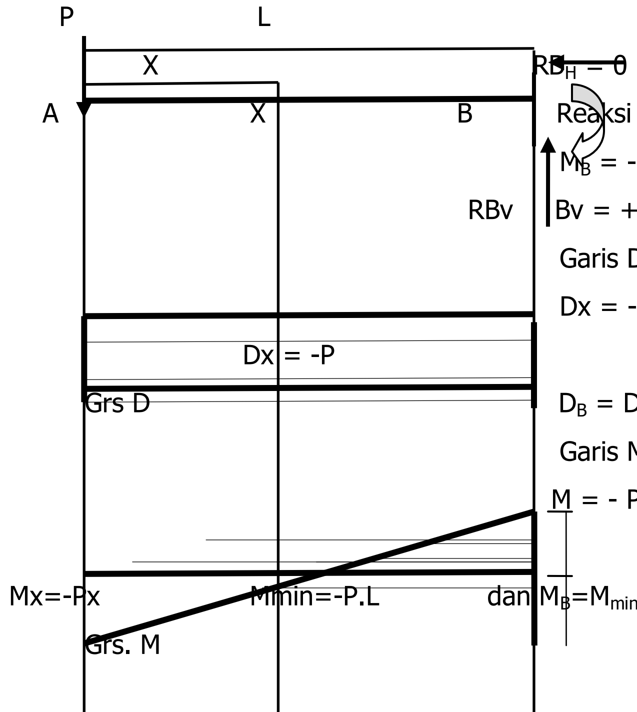
= + 3 T . 6m – 4T . 4,5m + 0

= + 18 Tm – 18 Tm = 0

Garis Momen dan Garis Gaya Melintang untuk balok yang dijepit salah satu ujungnya dan ujung lain bebas.

Balok A – B yang dijepit pada ujung B diberi beban pada ujung A, panjang balok L m

Hitunglah reaksi pada tumpuan, dan bidang D serta bidang M.



Reaksi tumpuan :

M_B = - P . L

Bv = + P

Garis D (Bidang D)

Dx = - P (garis D yaitu garis-lurus sejajar dg sumbu balok)

$D_B = D_{min} = - P$

Garis M (Bidang M)

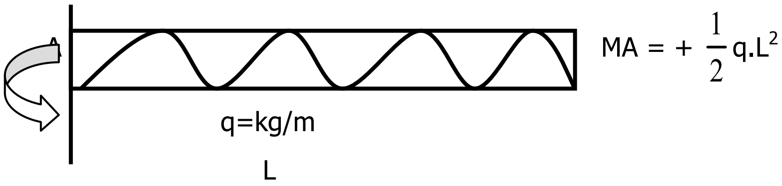
M = - P . X (garis M yaitu garis-lurus miring dengan $M_A = 0$

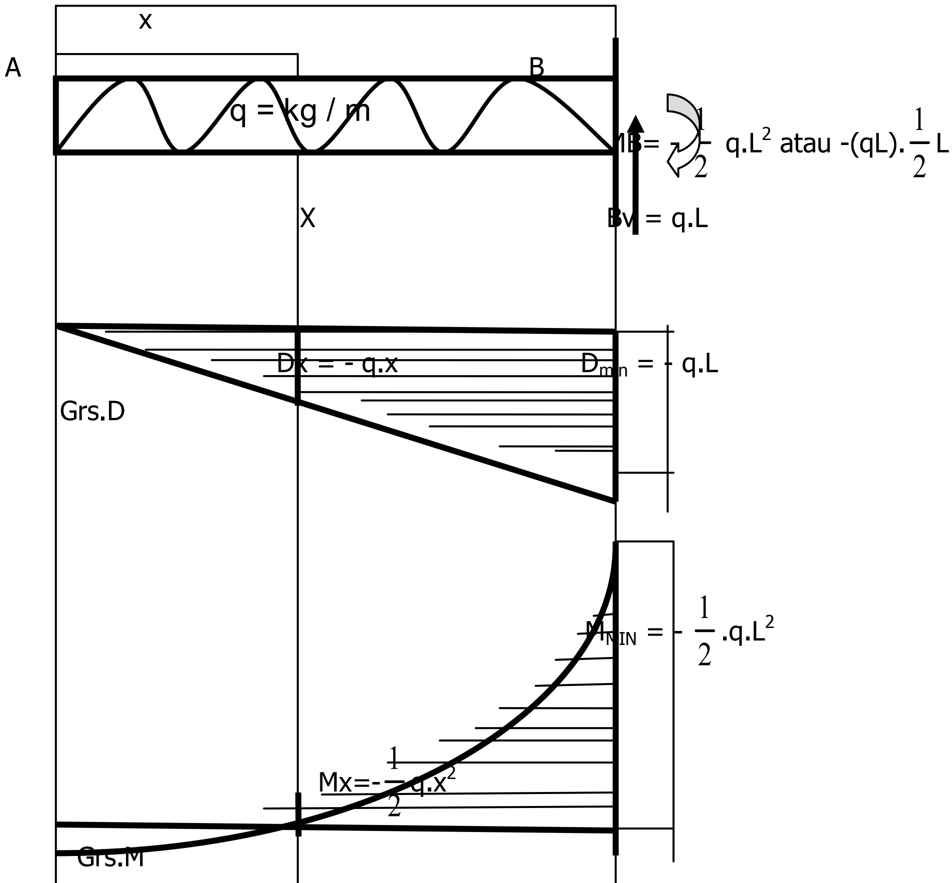
dan $M_B = M_{min} = -P.L$

Catatan : * tanda positif diberi arsiran tegak

- tanda negatif diberi arsiran mendatar

Balok dengan Beban Terbagi Merata (q) :





Garis D : Dx = - q.x (grs.lurus miring) D_A=0 dan D_B=D_{min}=- q.L

Garis M : $Mx = - q.x.\frac{1}{2}.x = -\frac{1}{2}q.x^2$

$M_A = 0$ dan $M_B = M_{min} = -\frac{1}{2}.q.L^2$

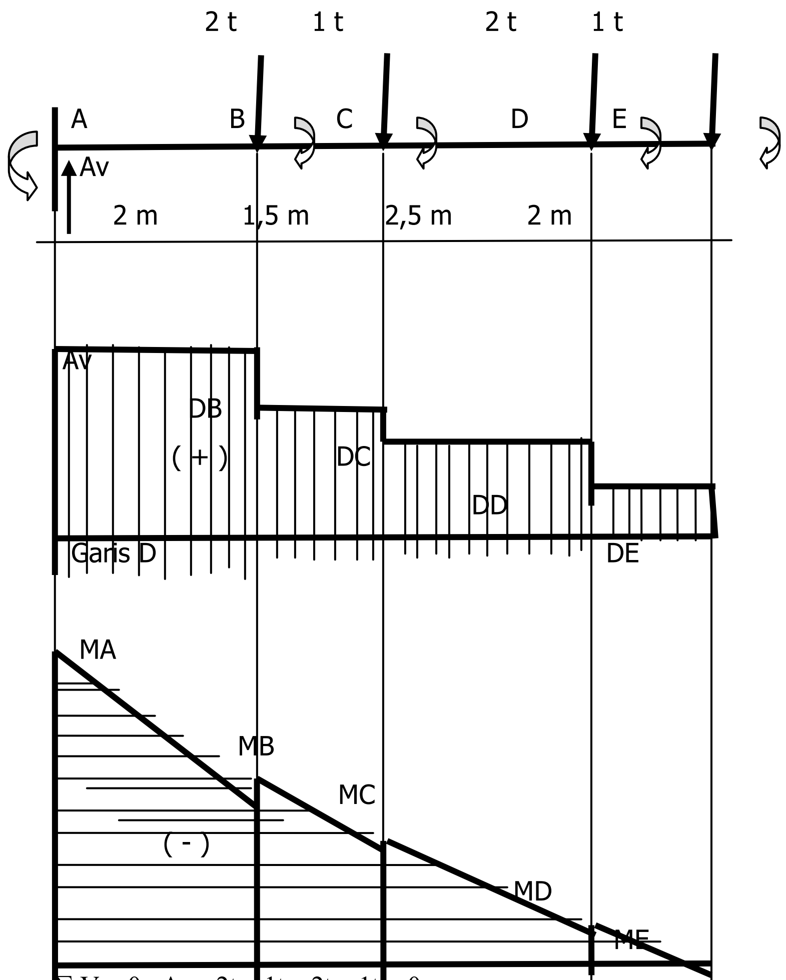
Contoh Soal :

1). Balok ABCDE dijepit sempurna di A, E ujung bebas.

Masing-masing jaraknya : A-B = 2m, B-C = 1,5m, C-D = 2,5m, dan D-E = 2m

Beban pada balok : P di B = 2 t, P di C = 1 t, P di D = 2 t, dan P di E = 1 t.

Tentukanlah Bidang D dan M secara analitis dan grafis.



$\sum V = 0$, $Av - 2t - 1t - 2t - 1t = 0$

$Av = +6t$

$\sum M = 0$, $MA + 2t \cdot 2m + 1t \cdot 3,5m + 2t \cdot 6m + 1t \cdot 8m = 0$

$MA + 4\ tm + 3,5\ tm + 12\ tm + 8\ tm = 0$

$MA + 27,5\ tm = 0 \quad MA = -27,5\ tm$

Garis lintang (bidang D)

$DA = + Av = + 6\ t$

$DB = + Av - PB = + 6\ t - 2\ t = + 4\ t$

$DC = + Av - PB - Pc = +6\ t - 2\ t - 1\ t = + 3\ t$

$DD = + Av - PB - Pc - PD = +6\ t - 2\ t - 1\ t - 2\ t = + 1\ t$

$DE = + Av - PB - Pc - PD - PE = +6\ t - 2\ t - 1\ t - 2\ t - 1\ t = 0\ t$

Garis Momen (bidang M)

$MA = - 27,5\ tm + Av.0m = -27,5tm$

MB = - MA + Av . 2m – PB . 0m = - 27,5tm + 6t.2m – 0tm

= - 27,5 tm + 12 tm = - 15,5 tm

MC = -MA+Av.3,5m – PB.1,5m – PC.0m = - 27,5tm + 6t.3,5m –

2t . 1,5m – 0tm

= - 27,5 tm + 21 tm - 3 tm

= -9,5 tm

MD = -MA + Av.6m – PB.4m – PC.2,5m – PD.0m

=-27,5tm +6t.6m -2t.4m -1t.2,5m-0tm

= -27,5tm+36tm-8tm-2,5tm

= - 2tm

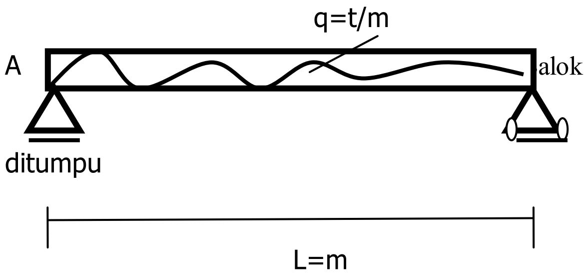
ME = -MA+Av.8m-PB.6m-PC.4,5m-PD.2m-PE.0m

= -27,5tm+6t.8m-2t.6m-1t.4,5m- 2t.2m -0tm

= -27,5tm+48tm-12tm-4,5tm-4tm-0tm

= 0tm

2).Balok Terbagi Merata (Q) :

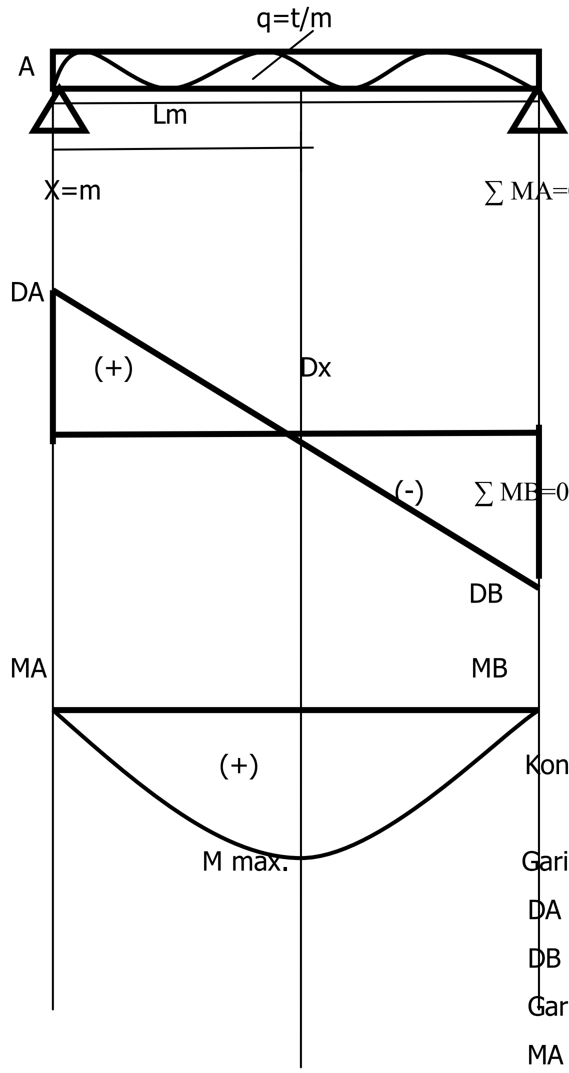


alok Q yang kedua ujungnya

ditumpu

sendi – rol, panjang L=m. **Q**

=1/2.q.L^2



$\sum MA = 0,\ + RBv.L - q.L\ (\frac{1}{2}.L) = 0$

$$+ RBv = \frac{+ q.L\ (\frac{1}{2}.L)}{+L}$$

$\sum MB = 0,\ - RAv.L + q.L\ (\frac{1}{2}.L) = 0$

$$- RAv = \frac{- q.L\ (\frac{1}{2}.L)}{-L}$$

Kontrol : RAv + RBv = q.L

Garis D (bidang D)

DA = + Rav , Dx=0, +Rav – q.x = 0

DB = + Rav – q.L

Garis M (bidang M)

MA = + RAv . 0

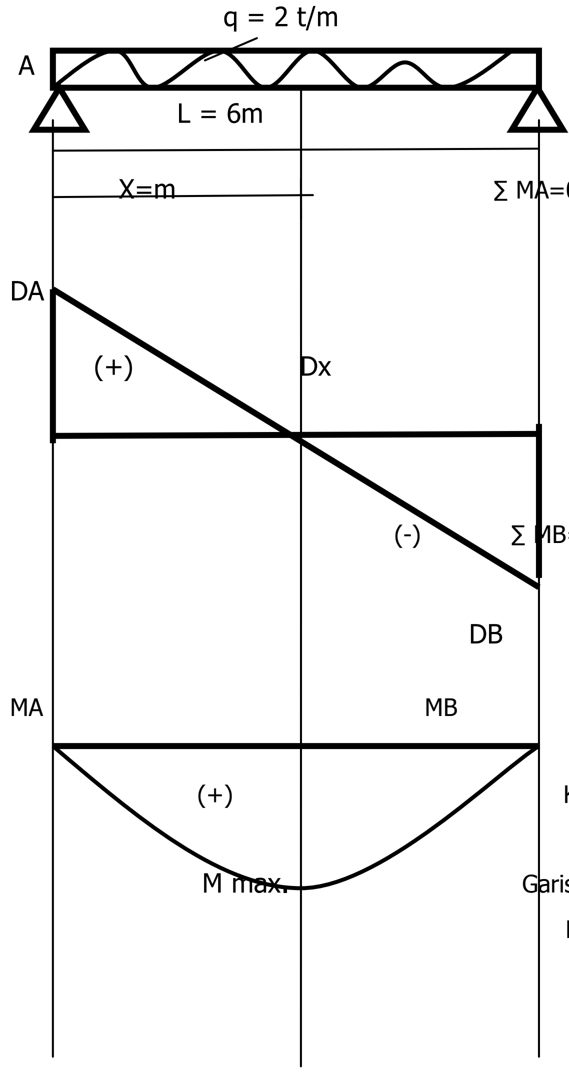
$Mmax. = +RAv\ .\ x - q.x\ (\frac{1}{2}.x)$

$= +RAv\ .\ x - \frac{1}{2}.q.x^2$

$MB = +RAv.L - q.L\ (\frac{1}{2}.L)$

$= + RAv\ .\ L - \frac{1}{2}.q.L^2$

Contoh soal : 1



Σ MA=0, +RBv.6m – 2t/m.6m ($\frac{1}{2}$.6m) = 0

+ 2t.6 ($\frac{1}{2}$.6m)

+ RBv = +6m

= + 6 t

Σ MB=0, - RAv.6m + 2t/m.6m ($\frac{1}{2}$.6m) = 0

- 2t.6 ($\frac{1}{2}$.6m)

- RAv = + 6 t

-6m

Kontrol : + RAv + RBv = 2t.6

+6 t + 6 t = 12 t (cocok)

Garis D (bidang D)

DA = +Rav=+6t, Dx=0, +Rav – q.x = 0

+6t – 2t/m. X =0

X = $\frac{-6t}{-2t/m}$ =+ 3m

DB = + Rav – q.L

= + 6t – 2t/m.6m

= + 6t – 12t = - 6t

Garis M (bidang M)

MA = + RAv . 0 = +6t.0=0t

$$\text{Mmax.} = +\text{RAv} . x - q.x\,(\frac{1}{2}.x)$$

$$= +6t.3m - \frac{1}{2}.2t.3^2 m$$

$$= +18tm - 9tm$$

$= +\ 9\ \text{tm}$

$$MB = +RAv.L - q.L\ (\frac{1}{2}.L\ )$$

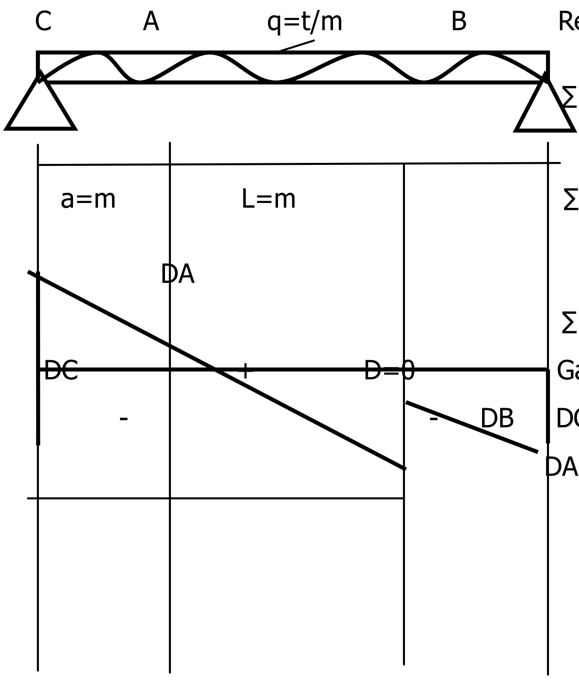
$$= +\ 6t\ .\ 6m\ -\ \frac{1}{2}.2t.6^2\ m$$

$$= +\ 36tm - 36tm$$

$$= 0\ tm$$

Contoh soal : 2

Balok C-A-B pada tumpuan A=sendi, B=rol dengan beban merata q = t/m. Tentukan garis gaya melintang dan garis momen-nya.



Reaksi tumpuan :

$\sum$ MA=0, $-\frac{1}{2}.q.a^2 + \frac{1}{2}.q.L^2 -$ RBv. L =0

$\sum$ MB=0, $-\frac{1}{2}.q.(a+L)^2 +$ RAv. L = 0

Kontrol :

$\sum$ V=0, RAv + RBv = q. (L + a)

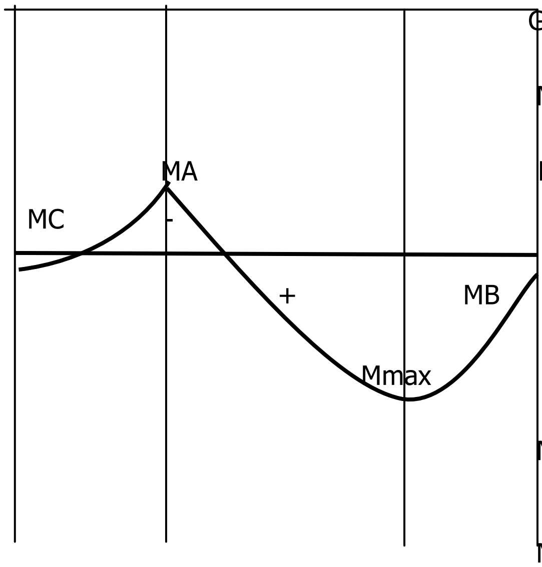
Garis D :

DC = 0 t.

DA = - q.a

X = m

$$DB = \frac{q(L2+a2)}{2L} - q.L$$



Garis M :

$MC = 0, \; MA = -\frac{1}{2}.q.a^2$ tm

Mmax., bila Dx = 0 (bagian kanan)

Dx =0, - RAv + q.x =0

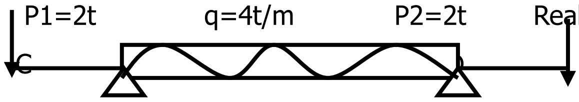
$$x = +\frac{RAv}{q} = \frac{L2-a2}{2L}$$

$$Mmax = + RAv.x - \frac{1}{2}.q.x^2$$

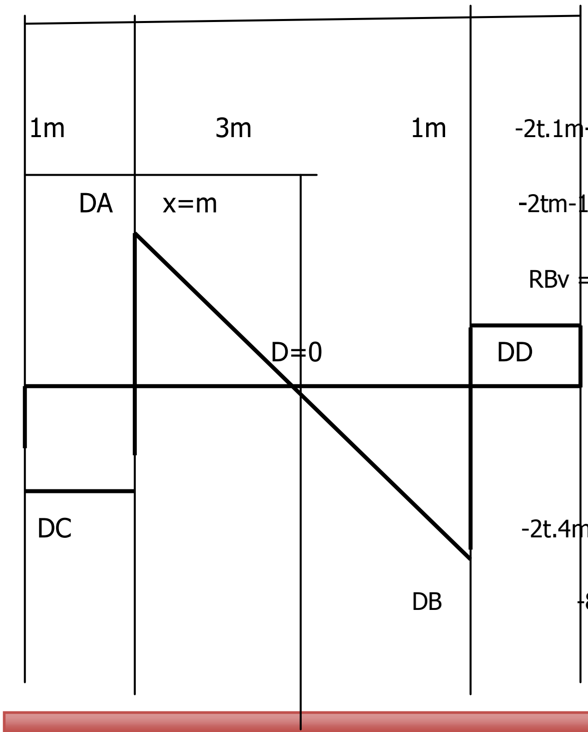
$$MB = + RAv.L - \frac{1}{2}.q\,(a+L)$$

Contoh soal : 2

Diketahui balok C-A-B-D dengan beban-beban seperti pada gambar. Tentukan garis D dan garis M.



Reaksi Tumpuan :



$$\Sigma MA=0, -P1.1m-\frac{1}{2}.q.L^2+P2.4m+RBv.3m=0$$

$$-2t.1m-\frac{1}{2}.4t/m.3^2+2t.4m+RBv.3m=0$$

-2tm-18tm+8tm+RBv.3m=0

$$RBv = \frac{+12}{+3} = +4t$$

$$\Sigma MB=0,-P1.4m+\frac{1}{2}.q.L^2+P2.1m-RAv.3m=0$$

$$-2t.4m+\frac{1}{2}.4t/m.3^2+2t.1m-RAv.3m=0$$

-8tm+18tm+2tm-RAv.3m=0

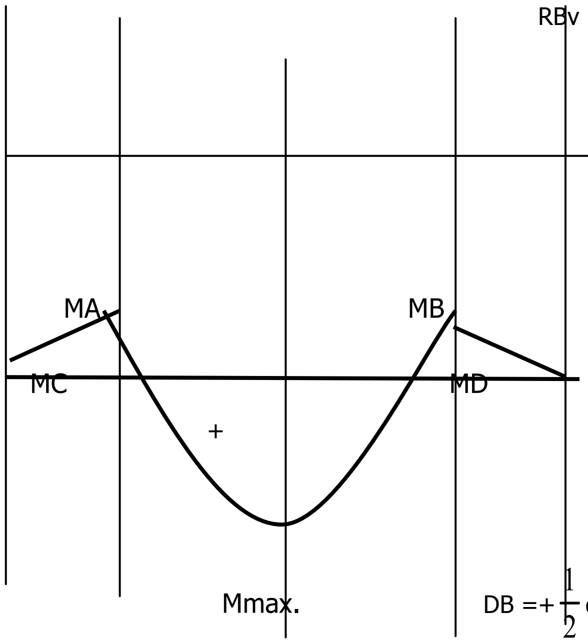
$RBv = \frac{-12}{-3} = +4t$

Kontrol : RAv+RBv=-P1+q.L-P2

+4 +4 =-2+4.3-2 (cocok)

Atau : $RAv=RBv=\frac{1}{2}$(-P1+q.L-P2)

$=\frac{1}{2}$(-2+4.3-2)=+4t



Garis D :

DC = -P1 = -2t

DA = $-\frac{1}{2}$q.L+q.L=$-\frac{1}{2}$4.3+4.3=+6t

DB =$+\frac{1}{2}$q.L-q.L=$+\frac{1}{2}$4.3-4.3=-6t

DD = 0t

Garis M :

MC = 0tm

MA = -P1.1m + $\frac{1}{2}$.q.L = - 2t.1m + $\frac{1}{2}$.4t/m.3m = - 4tm

Dx = 0, -P1 + RAv – q.x - q.L= 0

-2t + 4t – 4.x - 4t/m.3m= 0

- 10t – 4x = 0

$X = \frac{+10}{-4} = +2{,}5$ m

Mmax = - P1.1m + RAv.x + $\frac{1}{2}$.q.x^2

= - 2t.1m + 4tm.2,5m + $\frac{1}{2}$.4t/m.$(2{,}5m)^2$

= - 2tm + 10tm + 12,5tm

= + 20,5 tm

MB = -P1.4m + RAv.3m - $\frac{1}{2}$.q.L =-2t.4m +4tm.3m - $\frac{1}{2}$.4t/m.3m

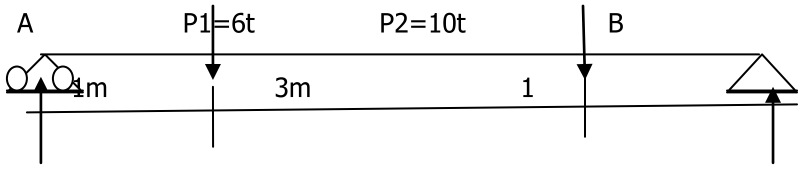
= - 8tm +12tm – 6tm = - 4tm

MD = -P1.4m+RAv.3m - $\frac{1}{2}$.q.L+RBv.1m=-2t.4m+4tm.3m - $\frac{1}{2}$.4t/m.3m+4t.1m= 0

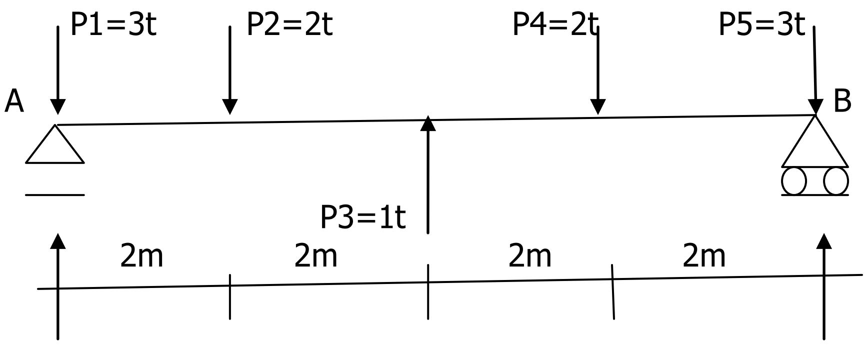
SOAL-SOAL LATIHAN

Hitunglah reaksi-reaksi pada titik tumpuannya dan tentukan garis lintang (bidang D) serta garis momennya (bidang M) dari gambar di bawah ini.

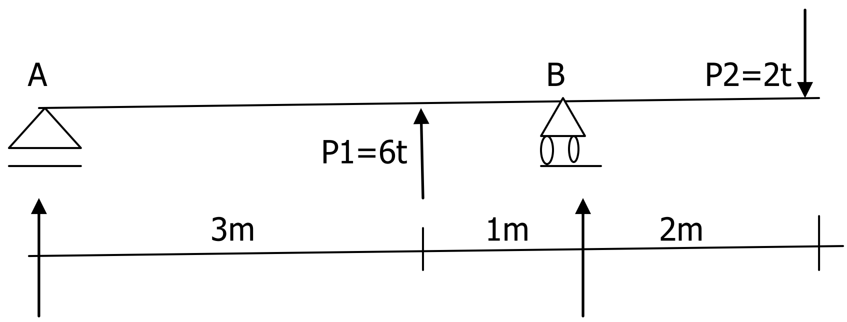
1.



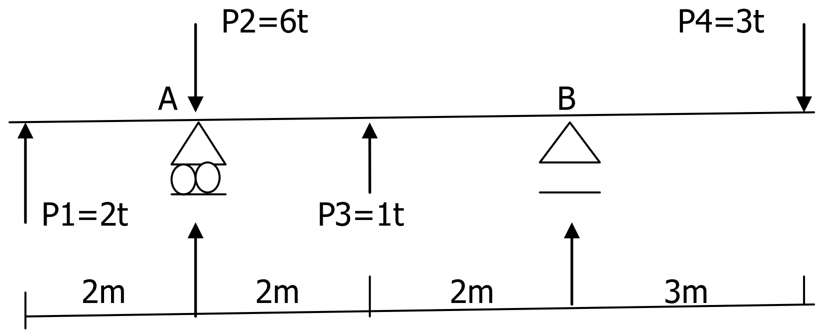
2 .



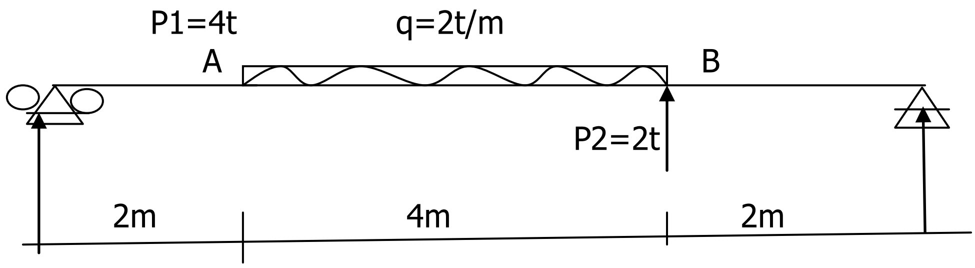
3



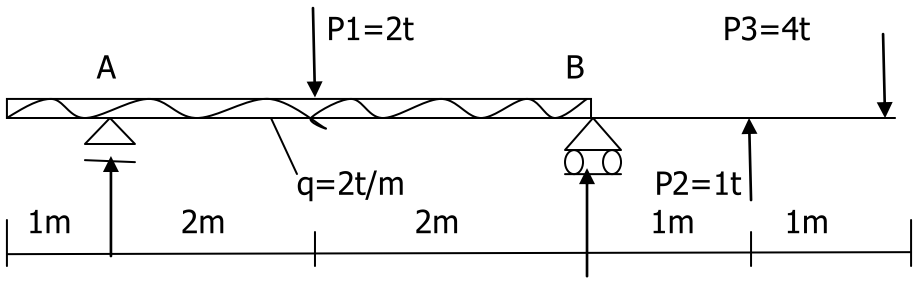
4


P2=6t
P4=3t
A
B
P1=2t
P3=1t
2m
2m
2m
3m

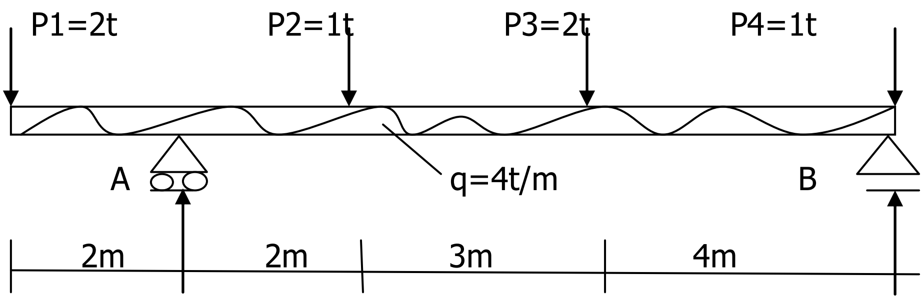
5


P1=4t
q=2t/m
A
B
P2=2t
2m
4m
2m

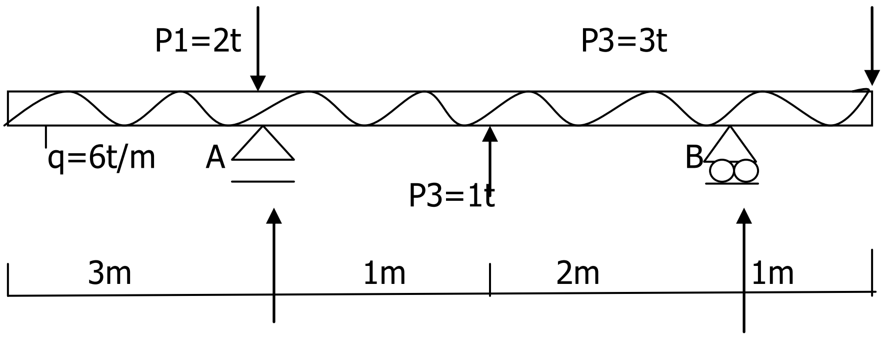
6


P1=2t
P3=4t
A
B
q=2t/m
P2=1t
1m
2m
2m
1m
1m

7.


P1=2t
P2=1t
P3=2t
P4=1t
A
q=4t/m
B
2m
2m
3m
4m

8



LAMPIRAN MATERI :

II. Keseimbangan :

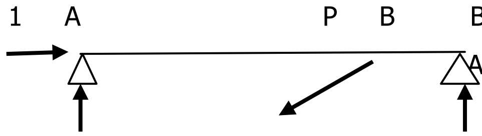
Pengertian : Bila suatu konstruksi bangunan dibebani oleh gaya-gaya, dan di tumpu, sehingga gaya-gaya reaksi dapat ditentukan yaitu dengan 3 syarat :

1. ∑ H = 0
2. ∑ V = 0
3. ∑ M = 0

Maka konstruksi tersebut dikatakan Statis Tertentu, karena memenuhikeseimbangan.

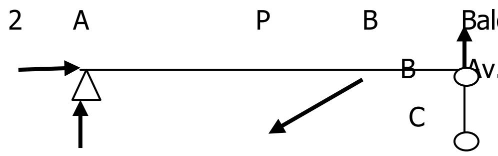
Contoh Konstruksi Statis Tertentu :

1



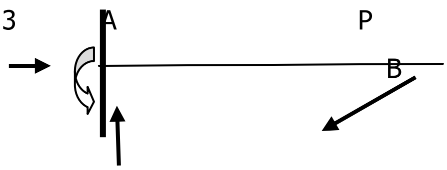
Balok di tumpu A (engsel) 2 reaksi, Ah dan Av. B(rol) 1 reaksi, Bv

2



Balok di tumpu A (engsel) 2 reaksi, Ah dan Av. B – C (pendel) 1 reaksi B_{pendel}

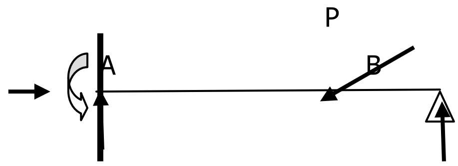
3



Balok yang di jepit pada ujung A (3 reaksi) Ah, Av, M_A dan ujung B bebas (0 reaksi)

Kesimpulan : Konstruksi statis tertentu jumlah reaksi yang akan dicari maksimal 3 reaksi (∑ H, ∑ V dan ∑ M)

Contoh Konstruksi Statis Tak Tertentu :



Balok dengan ujung A di jepit (3 reaksi)
Dan ujung B rol (1 reaksi).

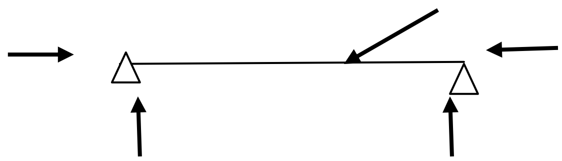
Karena disini ada 4 reaksi yang tidak diketahui, maka konstruksi ini dikatakan konstruksi statis tak tertentu lipat satu.

Bila suatu konstruksi bangunan di tumpu, sehingga jumlah reaksinya n lebih banyak dari pada jumlah persamaan keseimbangan (3 sarat), maka konstruksi tersebut dikatakan statis tak tertentu lipat n.

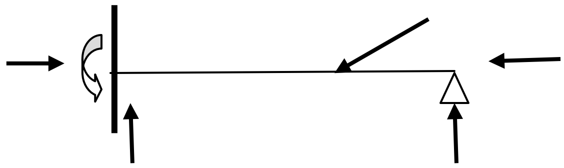
Contoh :

Balok yang ditumpu Sendi–Sendi, Jepitt-Sendi

1.



2.



Ciri-ciri konstruksi statis tertentu :

- Bila konstruksi disusun sedemikian rupa, harus dipenuhi syarat :

1. Perletakannya a. Sendi-rol
   b. Sendi-pendel
   c. Jepit-bebas
2. Jumlah reaksi yang dihitung tidak boleh lebih dari 3 (syarat keseimbangan) ,
   $\Sigma h = 0$, $\Sigma v = 0$, $\Sigma m = 0$

III. Tegangan :

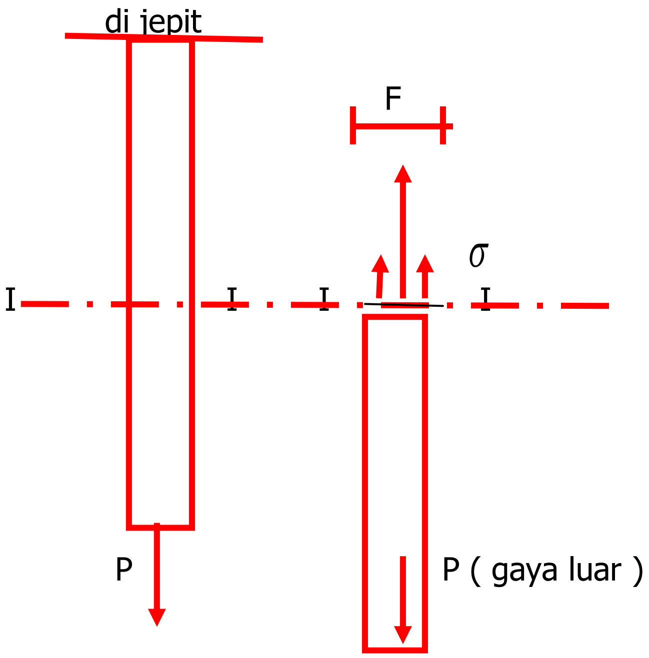
Suatu batang prismatic ialah batang yang penampangnya disepanjang batang sama.Diumpamakan bahwa batang itu terdiri dari partikel-partikel yang kecil, dimana antara partikel-partikel bekerja gaya-gaya. Akibat adanya gaya-gaya tersebut maka partikel-partikel akan menentang gaya-gaya yang dari luar tersebut. Kemampuan bagian batang untuk menentang patahnya batang disebut Kekuatan.Teori ini disebut Ilmu Kekuatan / Ilmu Gaya.

Sebagai contoh :

Kita ambil suatu batang prismatic yang dijepit pada salah satu ujung, dan pada ujung lain ditarik oleh gaya sebesar P, akibat gaya P tersebut partikel-partikel batang berubah tempat, peralihan partikel-partikel ini berjalan terus menerus, dan akan berhenti bila terjadi kesetimbangan antara gaya-gaya luar dan gaya-gaya dalam.

Keadaan kesetimbangan ini menentukan batang dalam keadaan regangan. Waktu perubahan bentuk batang akibat gaya luar, gaya luar ini membuat kerja-perubahan bentuk. Kemampuan elemmen batang untuk menentang regangan itu disebut kekakuan. Bila gaya P tersebut dihilangkan, maka batang itu akan kembali kekeadaan semula, regangan menjadi nol. Keadaan demikian batang disebut elastis

Elasitas bahan ialah kemampuan bahan untuk kembali ke asalnya.



Untuk menyelidiki besarnya gaya dalam, kita potong batang menjadi dua potong (gambar). Bagian bawah batang dalam kesetimbangan, jadi pada potongan I-I bekerja gaya P, yang dibagi rata pada potongan I-I. Bila luas potongan seluas F, maka pada satuan luas bekerja P/F. Gaya yang bekerja pada satuan luas disebut **Tegangan** (τ)

Dengan demikian besarnya tegangan (τ) adalah :

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

σ = tegangan, dalam kg/cm^2

P = gaya, dalam kg

F = luas, dalam cm^2

Tegangan ijin dan faktor keamanan :

Faktor-faktor yang menentukan tegangan ijin suatu bahan konstruksi ialah:

a . Faktor yang berhubungan dengan cara pembebanan

b. Faktor yang berhubungan dengan sifat, kwalitas bahan, cara mengerjakan dan bentuk konstruksi

c. Faktor keahlian si perencana serta faktor kontrol kwalitas bahan dan pelaksanaan

a. Faktor yang berhubungan dengan cara pembebanan :

a) Konstruksi dapat dibebani dengan tarik, tekan, lentur dan sebagainya.

b) Cara pembebanan juga penting sekali, apakah pembebanan statis atau dinamis.

c) Jenis pembebanan, muatan hidup, muatan mati, muatan angin, muatan gempa.

d) Pengaruh-pengaruh khusus, serta kombinasi pembebanan

b. Faktor yang berhubungan dengan sifat, kwalitas bahan, cara mengerjakan dan bentuk konstruksi.

a) Elasitas bahan

b) Jenis bahan, baja, kayu, beton bertulang dan sebagainya

c) Ada atau tidak ada korrosi (karat)

d) Pekerjaan-akir permukaan bagian konstruksi

e) Perobahan serentak dari penampang

c. Faktor keahlian si perencana serta faktor kontrol kwalitas bahan dan pelaksanaan

Tegangan ijin seringkali digabungkan pada keahlian si-perencana dan diadakan atau tidak di-adakan kontrol kwalitas bahan dan kontrol

pelaksanaan. Dengan demikian menurut uraian tersebut diatas, menentukan tegangan ijin bahan untuk dipakai dalam perhitungan adalah tidak mudah, boleh dibilang sulit sekali. Pada umumnya tegangan ijin dipakai sebagai berikut :

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_B}{V}$$

$\bar{\sigma}$ = tegangan ijin, σ_B = tegangan patah, V = faktor keamanan

Beban Statis dan beban Dinamis :

Pada pembebanan statis konstruksi dibebani oleh beban tetap atau beban yang tidak bergerak (diam).

Pada pembebanan dinamis konstruksi dibebani oleh gaya yang berubah-ubah, ada 2 kemungkinan yaitu :

a . Gaya berubah dari 0 hingga maksimum, pembebanan ini disebut pembebanan loncat. Contoh : baut-baut yang mengikat tutup silinder pada motor bensin/disel.

B . Pembebanan berubah dari maksimum positif ke minimum negatif. Contoh : batang torak suatu motor.

Dalam konstruksi bangunan-rangka seringkali dijumpai suatu batang dengan pembebanan bolak-balik (tekan-tarik) akibat kombinasi berat sendiri , beban bergerak, dan beban angin.

Dengan demikian jelaslah bahwa, tegangan ijin diambil lebih besar, bila cara pembebanan lebih tidak menguntungkan. Maka seringkali kita menggunakan koefisien keamanan (v) untuk 3 klas :

Klas	Cara membebani	Koefisien keamanan

I II III	Pembebanan statis Pembebanan loncat dari 0 ke maksimum Pembebanan bolak-balik (tekan-tarik) dari minimum ke maksimum	3 ....6 6.................9 12...............18

Tegangan-Tegangan Yang Diijinkan Menurut N 1055

Bahan		Macam tegangan		Tegangan yang diijinkan untuk pembebanan gabungan	
				A dan B	C
Baja konstruksi Bd.37 menurut N 702 dan Bd.00 yang memenuhi sarat-sarat percobaan untuk Bd.37		Tarikan σ t Tekanan σ d Lenturan σ b		1400	1610
Baja, paku keling Bd.K 34 menurut N718, kalau jarak **a** dari tepi sampai tengah-tengah paku-keling itu dalam arah-gaya ialah :	a = 2.d	Putus geseran = tekanan tumpuan σ s	0,8. τ 2. σ t dari Bd.37	1120 2800	1288 3220
	a= 1,5.d	Putus geseran = tekanan tumpuan σ s	0,8. τ 1,6. σ t dari Bd.37	1120 2240	1288 2576

Baut-baut sekrup, baut-baut angker dan lain-lain, kalau jarak a dari tepi sampai tengah-tengah baut dalam arah gaya ialah :	a = 2.d a= 1,5.d	Tarikan σ t putus Geseran = τ Tekanan tumpuan σ s Tarikan σ t putus Geseran = τ Tekanan tumpuan σ s	0,7 σ t 0,6 σ t 1,5 σ t dari Bd.37 0,7 σ t 0,6 σ t 1,2 σ t dari Bd.37	980 840 2100 980 840 1680	1127 966 2415 1127 966 1933
Besi-tuang B.tu.00 menurut N 715		Tarikan σ t Tekanan σ d Lenturan σ b putus geseran = τ	250 500 300 200		

Jenis-Jenis tegangan ijin :

Tegangan ijin tarik .... $\bar{\sigma}$ t

Tegangan ijin tekan .... $\bar{\sigma}$ d

Tegangan ijin lentur .... $\bar{\sigma}$ b

Tegangan ijin geser .... $\bar{\sigma}$ g

Tegangan ijin puntir .... $\bar{\sigma}$ w

Tegangan ijin tumpu / ingsut .... $\bar{\sigma}$ st

Tujuan Ilmu Kekuatan :

Untuk merencanakan, menghitung, dan melaksanakan konstruksi-konstruksi baja dan sebagainya kita harus memperhitungkan faktor-faktor yang telah ditetapkan. Dimana diantaranya faktor-faktor yang penting adalah :

1 . Gaya-gaya yang bekerja pada bagian konstruksi

2 . Keadaan gerak (dinamis) dan keadaan diam (statis) dari pada bagiaan konstruksi

3 . Cara memilih bahan baku bagi konstruksi yang sederhana dan yang paling sukar

4 . Menentukan koefisien keamanan, sehingga didapat tegangan ijin

5 . Cara memberi bentuk

6 . Syarat-syarat ekonomis

Tujuan ilmu kekuatan adalah : untuk menemukan rumus-rumus sehingga bentuk dan dimensi dari bagian konstruksi dapat ditentukan.

Tarik Dan Tekan :

Ketentuan-ketentuan :

1 Bahan benda mempunyai struktur padat-kontinyu

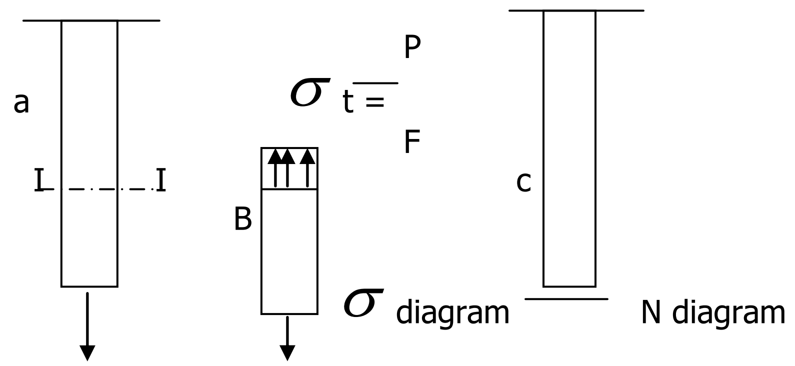
2 Di dalam benda mula-mula tidak ada tegangan dalam

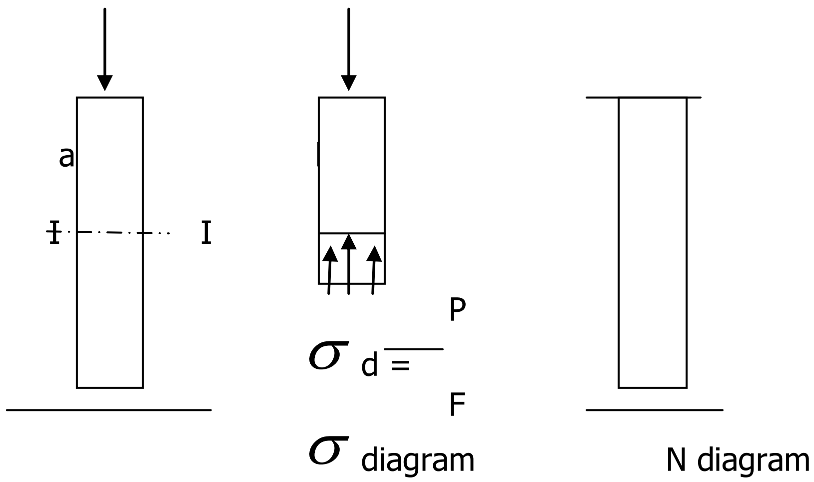
3 Bila beberapa gaya yang bekerja padda benda, maka boleh diambil superposisi effek dari pada tiap-tiap gaya

4 Bila penempang tegak suatu batang dibebani oleh beban tarik-sentris P, maka tegangan ditiap titik yang terletak pada penampang itu sama besar

5 Benda diambil homogin, dan isotropis (sifat-sifat bukan ke semua arah sama)

Karena Ketentuan-Ketentuan tersebut diatas, maka :





Pada pembebanan tarik-sentris :

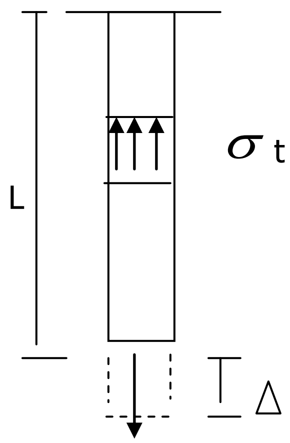
$$\sigma_t = \frac{P}{F}$$ (tanda tegangan tarik positif)

σ t = teg.tarik dalam kg/cm^2
P = gaya sentris dalm kg
F = luas penampang dalam cm^2 atau mm^2

Pada pembebanan tekan-sentris :

$$\sigma_d = \frac{-P}{F}$$ (tanda tegangan tekan negatif)

Regangan :



$$\Delta L\ L = \frac{P.L}{E.F}$$

$$€ = \frac{\Delta L}{L}$$

$$€ = \frac{\sigma}{E}$$

€ = perpanjangan spesifik (perpanjangan-relatif = Rek.relatif)

E = elasitas bahan (modulus kenyal)

△ = pertambahan panjang

Harga E dari beberapa bahan yang penting :

E kayu	= 10^5 kg/cm^2
E baja 37	= 2,1 . 10^6 kg/cm^2
E beton	= 3,5 . 10^5 kg/cm^2
E beton bertulang	= 1,4 s/d 2,1 . 10^5 kg/cm^2
E aluminium	= 7 . 10^5 kg/cm^2

E plastik = $0{,}3 \cdot 10^5$ kg/cm²

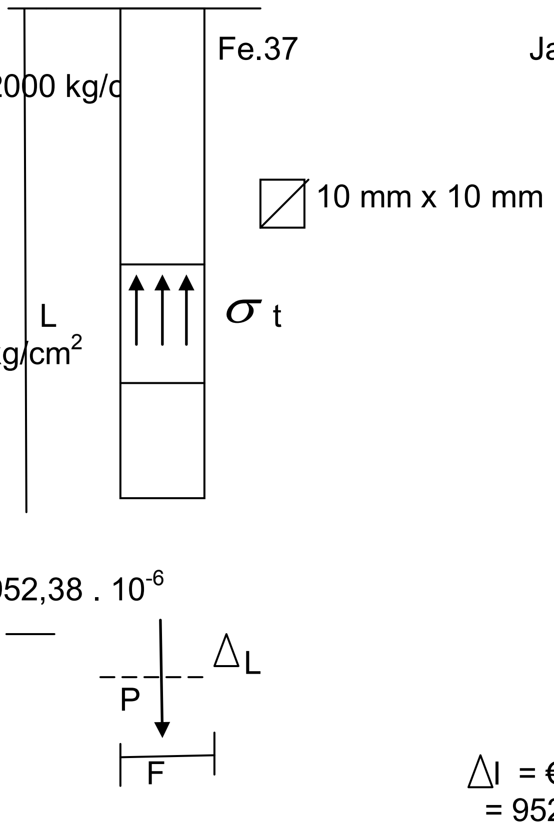
Contoh – Contoh Soal :

1 . Suatu batang baja Fe 37 ditarik oleh sebuah gaya P = 2 ton, panjang batang

L = 1 m, ukuran batang b = 10 mm, h = 10 mm.

Ditanyakan : a) tegangan tarik

b) perpanjangan relatif



Jawab : a). $\sigma_t = \frac{P}{F} = \frac{2000 \text{ kg}}{1 \text{ cm}^2} = 2000$ kg/cm²

b). E baja Fe 37 = $2{,}1 \cdot 10^6$ kg/cm²

$$€ = \frac{\sigma_t}{E}$$

$$= \frac{2000 \text{ kg/cm}^2}{2{,}1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2} = 952{,}38 \cdot 10^{-6}$$

$$€ = \frac{\Delta l}{l}$$

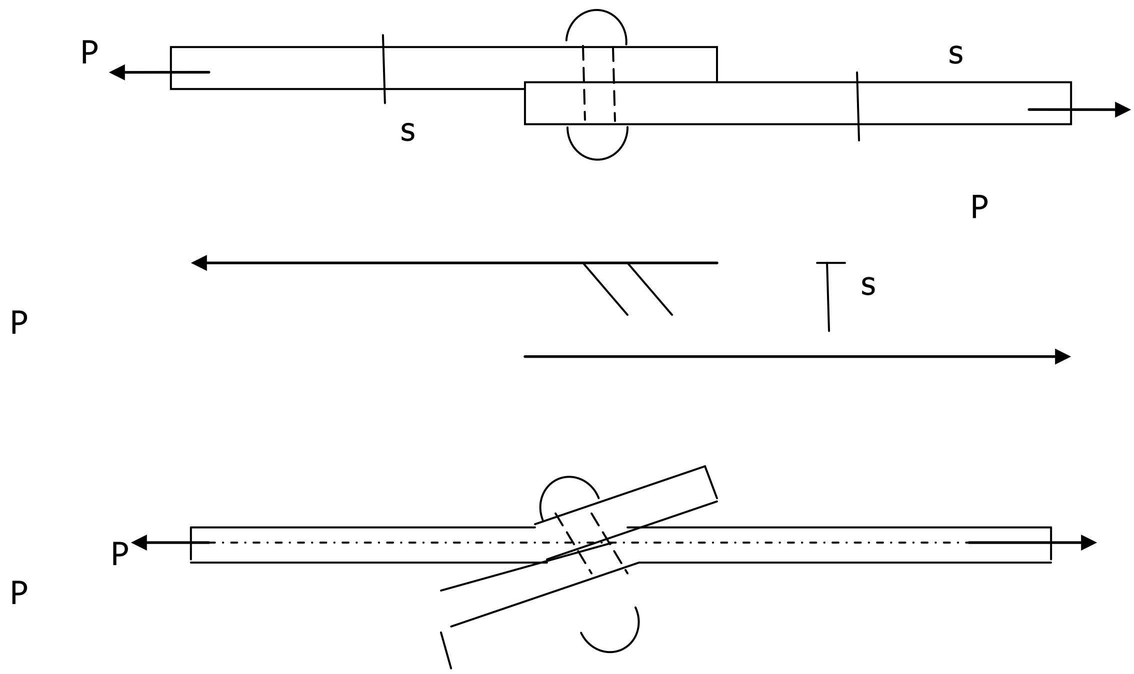
$\Delta l = € \cdot l = 952{,}38 \cdot 10^{-6} \cdot 100$ cm
$= 952{,}38 \cdot 10^{-4}$ cm
$= 0{,}0952$ cm
$= 0{,}952$ mm

Pembebanan Geseran Dan Tumpu :

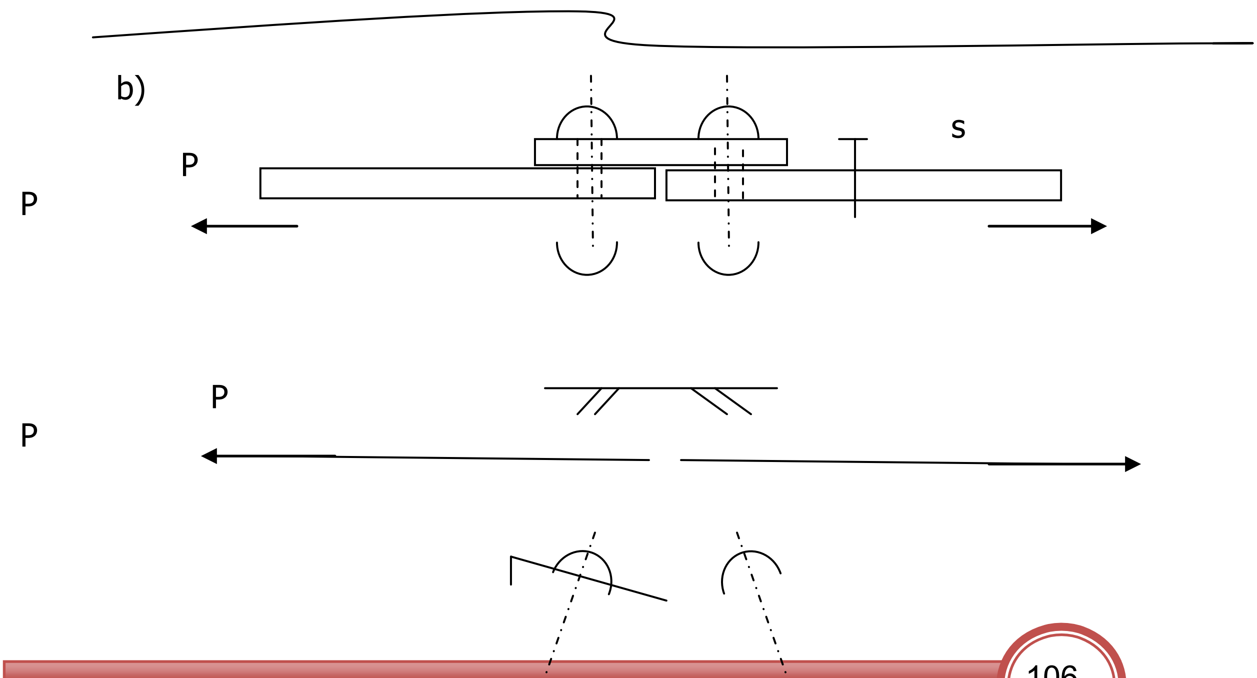
Sambungan dengan paku keling / baut :

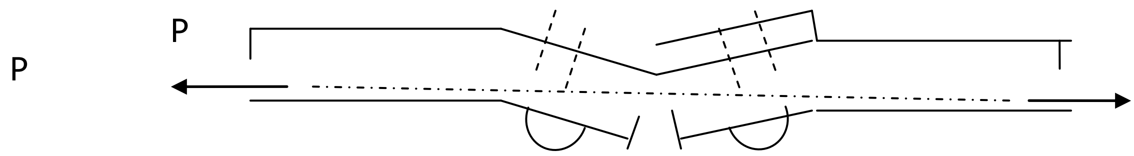
1 Untuk menyambung 2 batang / plat dengan paku-paku kita bedakan 3 cara :

a) Cara pertama ialah dengan sambungan berimpit tunggal.

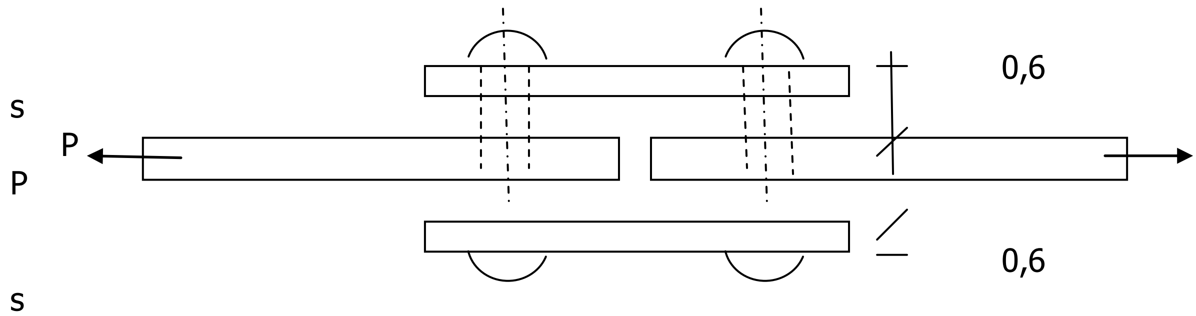


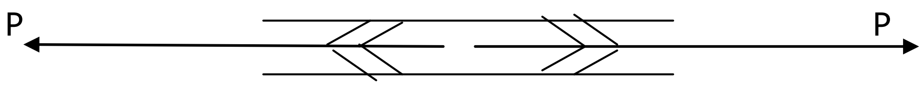
b)





c) Cara ketiga ialah sambungan ganda, cara ketiga ini yang sering dipakai untuk penyambungan, karena tidak ada lenturan, maupun dari pelat, maupun dari strip[2].





Perhitungan Alat Sambung / Sambungan :

I. Sambungan / Hubungan Tunggal :

a) Putusnya paku, akibat geseran :

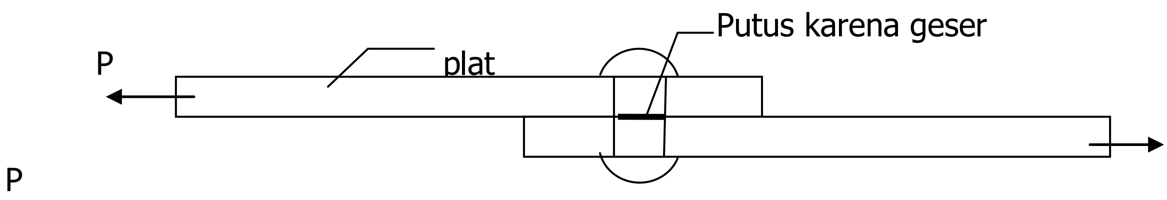
P = Kekuatan 1 buah paku geser

$P = \frac{1}{4} . \pi . d^2 . \sigma$ d = diameter paku / baut

σ = tegangan ijin , s = tebal plat

$\sigma = 0{,}8 \;\; \sigma t$, $\pi = 3{,}14$

$P = \frac{1}{4} . \pi . d^2 . 0{,}8 \sigma t$



P geser lebih kuat dari P tumpu, sehingga paku putus

Plat lebih kuat dari paku

b) Putusnya / pecah plat, akibat tumpu :

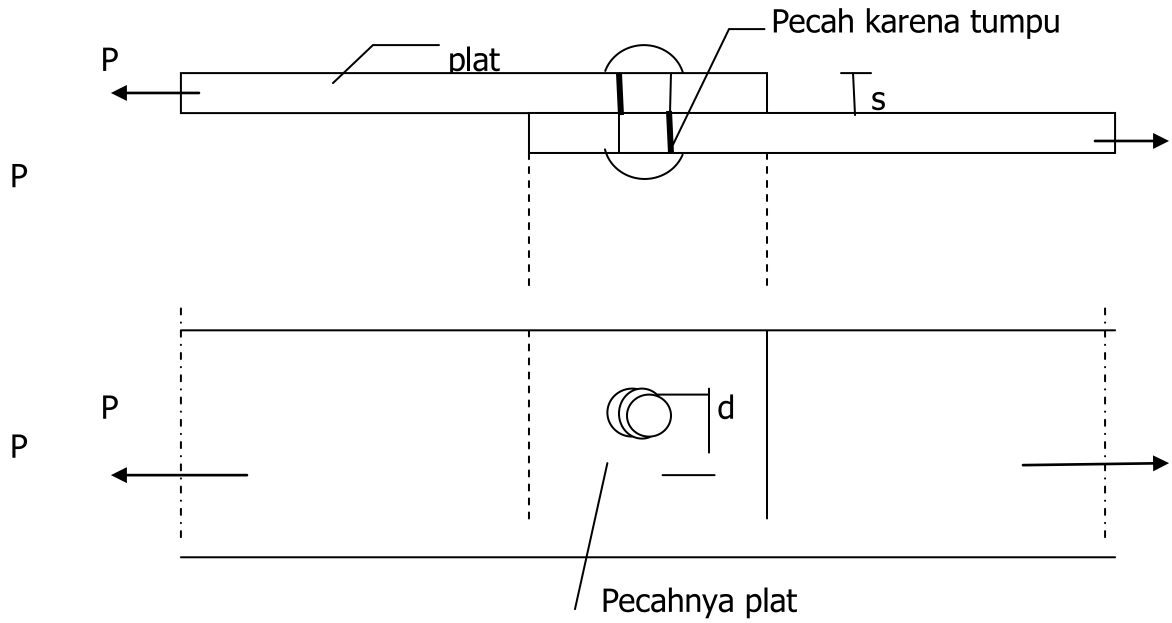
P = kekuatan tumpu ,   d = diameter paku

$P = d . s . \sigma st$ s = tebal plat,

$P = d.s.2 \;\; \sigma t$ $\sigma st = 2 \; \tau$, atau $2 \; \sigma t$

Catatan : diameter paku keling harus sesuai dengan tebal plat.

Biasanya dalam konstruksi baja diambil **d = 2.s**



c) Tegangan tumpu terhadap tegangan geser :

Pada sambungan agar sama kuat antara tegangan gesernya dengan tegangan tumpunya, maka kekuatan geser harus sama dengan kekuatan tumpunya. (**P geser = P tumpu**).

Potongan / Sambungan Tunggal :

P geser = $\frac{1}{4} . \pi . d^2 . 0{,}8 \sigma t$, P tumpu = $d . s . 2 \ \sigma t$

P geser = P tumpu , $\longrightarrow \frac{1}{4} . \pi . d^2 . 0{,}8 \sigma t = d . s . 2 \ \sigma t$

P geser = P tumpu, $\longrightarrow$ **2.s = 0,628.d**

s = 0,314.d

dengan pengertian : untuk sambungan tunggal yang sangat menentukan adalah kekuatan gesernya, yaitu akan lebih aman jika tebalnya plat (**s**) diambil **0,314 kali** diameter pakunya (**d**)

Potongan / sambungan ganda :

d) Tegangan tumpu terhadap tegangan geser :

P geser = (2). $\frac{1}{4}$. π . d^2. 0,8 σ t , P tumpu = d. s. 2 σ t

P geser = P tumpu , $\longrightarrow$ **2.** $\frac{1}{4}$**.** π **.** d^2**. 0,8** σ **t = d. s. 2** σ **t**

$\frac{1}{2}$**.** π **.** d^2**. 0,8** σ **t = d. s. 2** σ **t**

s = 0,628.d

dengan pengertian : untuk sambungan ganda yang sangat menentukan adalah kekuatan tumpunya, yaitu akan lebih aman jika tebalnya plat (**s**) diambil **0,628 kali** diameter pakunya (**d**).

Resume (kesimpulan) : Jika alat sambung diambil d = 2.s, maka :

1) Untuk sambungan tunggal, yaitu gaya geser yang menentukan **P=** $\frac{1}{4}\pi$ **d^2** τ
2) Pada sambungsn ganda, tumpu yang menentukan **P = d . s .** σ **st**
3) Untuk banyaknya paku geser **n =** $\frac{P}{1/4.\pi.d^2 \quad \tau}$
4) Untuk banyaknya paku tumpu **n =** $\frac{P}{d.s.\sigma}$

Contoh soal :

Dua batang-tarik berpenampang empat persegi panjang, disabung dengan strip doble/ganda. Tebal plat =10 mm, gaya yang diambil oleh sambungan ialah P =25 ton,sambungan dilakukan dengan paku keling; tegangan ijin tarik (σ **t) =** 1400 kg/cm^2. Ditanyakan :

a) Sambungan dihitung pada gaya P
b) Sambungan diambil sama kuatnya dengan plat.

Penyelesaian :

Diketahui unsurnya : σ **t =** 1400 kg/cm^2 , σ = 0,8. σ t = 0,8.1400 kg/cm^2(gsr)

= 1120 kg/cm^2

σ st= 2. σ t = 2.1400 kg/cm^2(tmp)

= 2240 kg/cm^2

d paku = 2.s = 2.10 mm = 20 mm

P = 25000 kg

Jadi banyaknya paku yang diperlukan (n_{pk}) untuk penyambungan sistem ganda, tumpu yang menentukan.

$n_{st} = \dfrac{P}{d.s.\sigma}$ **=** $\dfrac{25000kg}{2..1.2240kg/cm^2}$ **=** 5,58 buah dibulatkan 6 buah.

Jadi banyaknya paku keling yang dibutuhkan adalah 6 Q 20 mm.

$$\lambda = \frac{2Lk}{i\min} = \frac{2x500cm}{6,21cm} = \frac{1000cm}{6,21cm} = 80$$

KEGIATAN BELAJAR 12

MENENTUKAN GAYA-GAYA BATANG DALAM KONSTUKSI RANGKA BATANG

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah selesai mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian mampu menentukan gaya-gaya batang statis tertentu dengan :

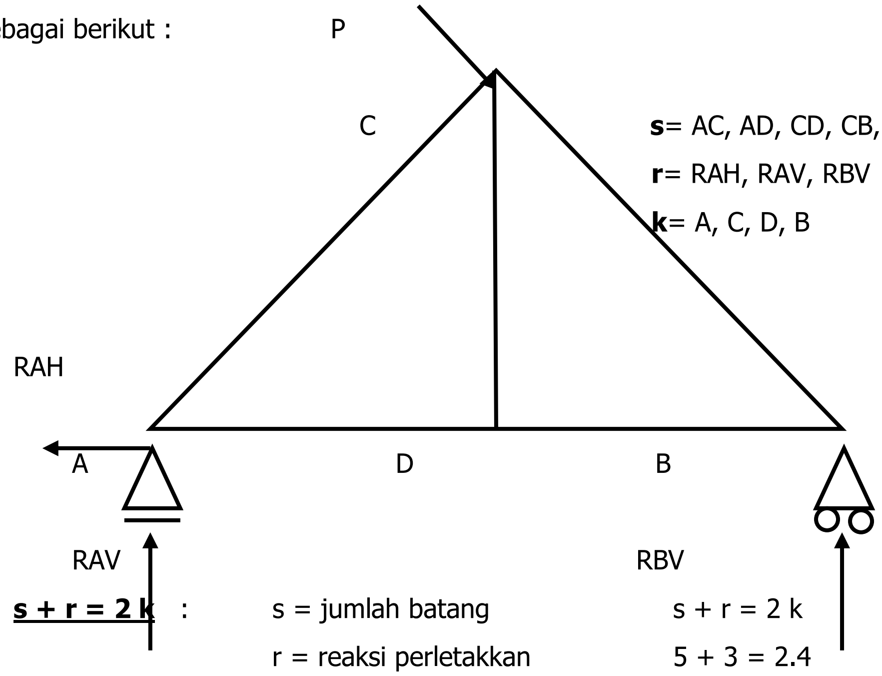
1. Cara keseimbangan gaya di titik simpul (analitis)
2. Cara potongan Culmann (grafis)
3. Cara potongan Ritter (grafis)
4. Cara Cremona (grafis)

Sifat konstruksi statis tertentu :

Bila suatu rangka / batang disusun sedemikian rupa, sehingga dipenuhi syarat **s = 2.k – 3**, dan perletakan rangka pada sendi – rol, maka bangunan / konstruksi tersebut dikatakan statis tertentu. Jadi penyelesaiannya dapat dikerjakan dengan tiga syarat keseimbangan :

$\sum H = 0$, $\sum V = 0$, $\sum M = 0$,

Hubungan antara reaksi perletakkan, jumlah batang, jumlah titik simpul dapat ditulis sebagai berikut :



s= AC, AD, CD, CB, DB

r= RAH, RAV, RBV

k= A, C, D, B

s + r = 2 k :

s = jumlah batang

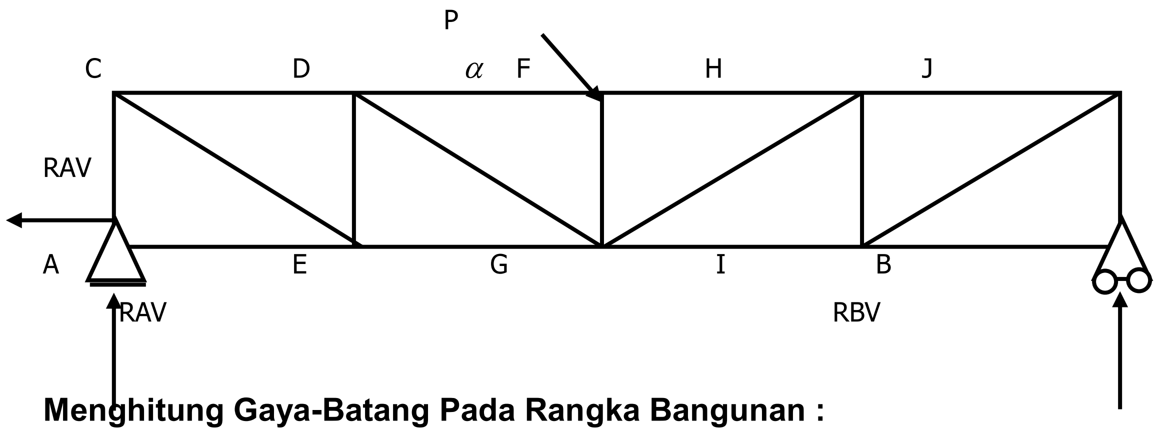
r = reaksi perletakkan

k = jumlah titik simpul

s + r = 2 k

5 + 3 = 2.4

8 = 8



Menghitung Gaya-Batang Pada Rangka Bangunan :

Untuk dapat menghitung besarnya gaya-batang pada rangka batang dapat dikerjakan dengan :

1. Cara keseimbangan gaya di titik simpul (analitis)
2. Potongan Culmann (grafis)
3. Potongan Ritter (grafis)
4. Cara Cremona (grafis)

A. Analisis Gaya Pada Rangka Batang/Truss Statis Tertentu, Metode Titik Buhul

Metode ini dengan cara memotong batang melalui titik simpul yang maksimum mempunyai dua batang yang akan dicari gaya batangnya.

Catatn : jika gaya batang arahnya menjauhi titik simpulnya, batang tersebut merupakan

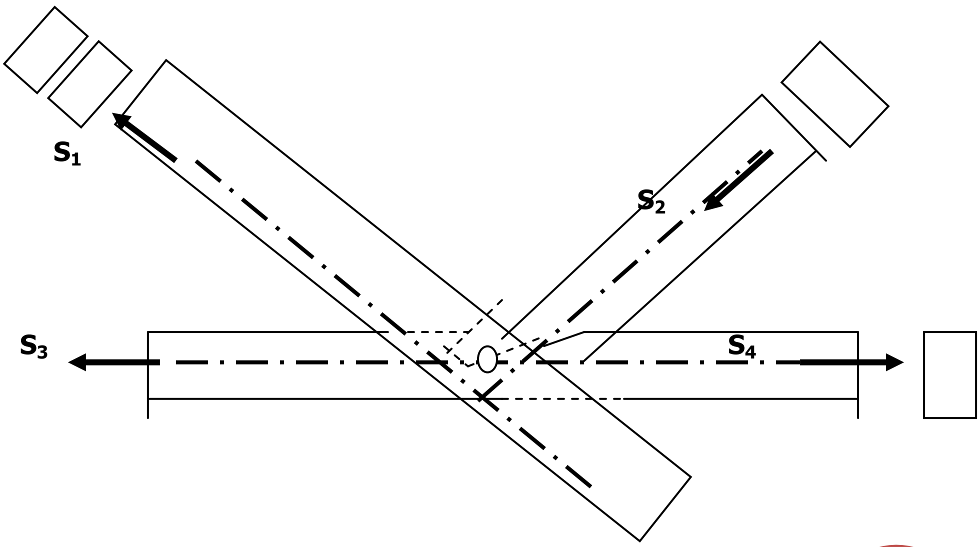
Batang-tarik positif (**diberi tanda +**)

Sebaliknya, jika gaya batang arahnya menuju titik simpulnya, batang tersebut merupakan **Batang-tekan** negatif (**diberi tanda -**)

Harus memenuhi 3 sarat keseimbangan ; $\sum$ **H = 0,** $\sum$ **V = 0,** $\sum$ **M = 0**

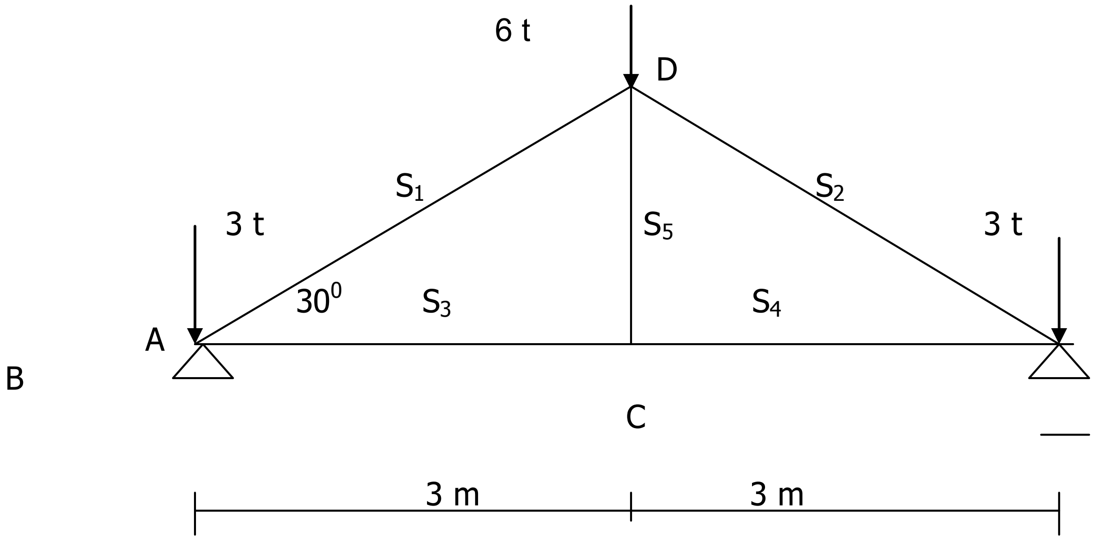
Titik Simpul :

Batang-batang dari konstruksi rangka biasanya dari kayu atau besi / baja. Meskipun hubungan antara batang-batang di titik simpul dianggap sendi tanpa gesekan, namun keadaan sesungguhnya tidak demikian. Pada konstruksi kayu sambungan yang dipakai yaitu <u>sambungan gigi</u> untuk batang yang menerima **gaya tekan**, <u>dengan baut</u> untuk batang yang menerima **gaya tarik**.



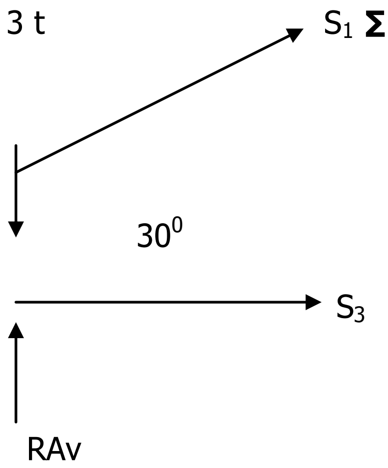
Contoh soal : 1

Suatu rangka kuda-kuda sederhana mendapat beban akibat gaya luar seperti pada gambar. Hitunglah besarnya gaya-batang yang timbul (S_1 s/d S_5)



Karena konstruksinya simetris maka, RAv = RBv = ½ (3t +6t + 3t) = + 6 t

Titik simpul A :



Σ V = 0, $- 3t + RAv + S_1 \cdot \sin 30^0 = 0$

$- 3t + 6t + S_1 \cdot 0,5 = 0$

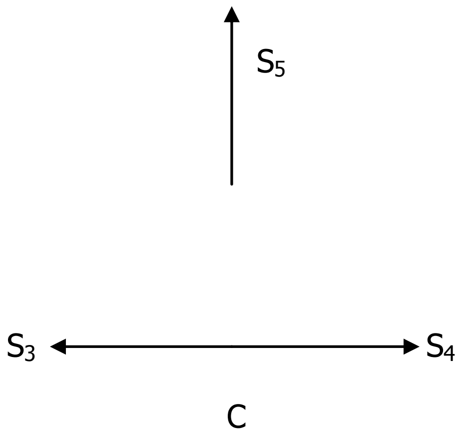
$$S_1 = \frac{-3t}{+0,5} = -6\ t$$

Σ H = 0, $+ S_3 + S_1 \cdot \cos 30^0 = 0$

$+ S_3 + (-6t)(0,866) = 0$

$+ S_3 = + 5,196\ t$

Titik simpul C :



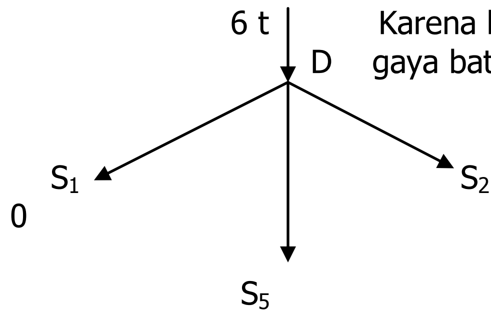
Σ **V = 0,** $+ S_5 = 0$

Σ **H = 0,** $- S_3 + S_4 = 0$

$- (+ 5{,}196t) + S_4 = 0$

$S_4 = + 5{,}196\ t$ →

Titik simpul D :



Karena konstruksi dan bebannya simetris maka, gaya batang $S_2 = S_1 = + 6\ t$ ↘

atau :

Σ **V = 0,** $- 6t - S_5 - S_1.\sin 30^0 + S_2.\sin 30^0 = 0$

$- 6t - 0t - (-6t \ .\ 0{,}5\ ) + S_2.0{,}5 = 0$

$- 6t - (-3t\ ) + S_2.0{,}5 = 0$

$- 6t + 3t + S_2.0{,}5 = 0$

$- 3t + S_2.0{,}5 = 0$

$$S_2 = \frac{+\ 3t}{+\ 0{,}5} = +\ 6\ t$$ ↘

Σ **H = 0,** $+ S_1.\cos 30^0 + S_2.\cos 30^0 = 0$

$+ (-6t \ .\ 0{,}866\ ) + S_2.0{,}866 = 0$

$- 5{,}196\ t + S_2.0{,}866 = 0$

$$S_2 = \frac{+\ 5{,}196\ t}{+\ 0{,}866} = +\ 6\ t$$ ↘

Daftar gaya batang :

No. batang (S)	Akibat gaya-gaya P (gaya luar)	
	Gaya-tarik (+) ton	Gaya-tekan (-) ton
1 = 2		- 6 ton
3 = 4	+ 5,196	
5	0	

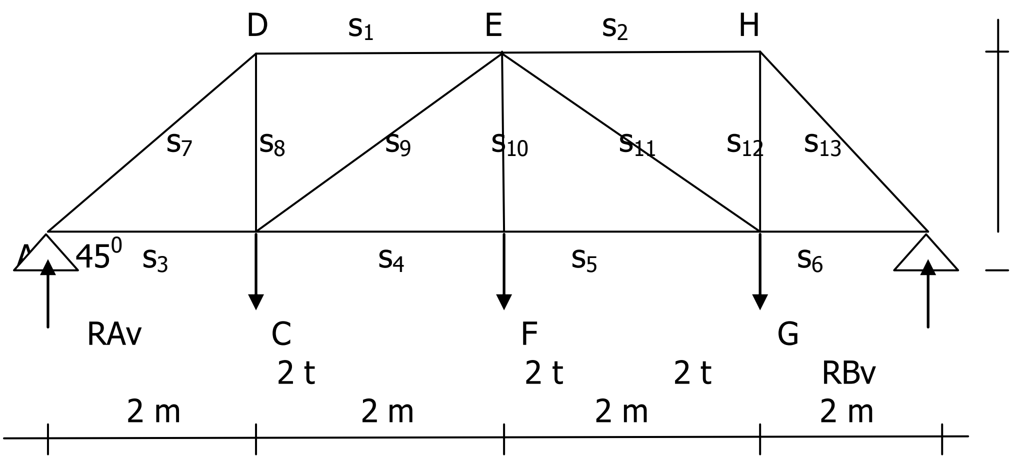
Contoh soal : 2

Sebuah jembatan rangka dari baja dengan bentang A-B = 8 m di tumpu di A (sendi) dan di B (rol). Pembebanan pada jembatan lihat gambar.

Hitunglah besarnya gaya-batang S_1 s/d S_{13}

2 m

B



Penyelesaian :

Reaksi pada titik tumpuan A dan B, karena konstruksi simetris maka,

RAv = RBv = ½ (2 t + 2 t + 2 t) = + 3 t ↑

atau

$\sum$ MA = 0, + 2t . 2m + 2t . 4m + 2t . 6m – RBv . 8m = 0

+ 4 tm + 8 tm + 12 tm – RBv . 8m = 0

$$RBv = \frac{-\ 24\ tm}{-\ 8\ m} = +\ 3\ t \uparrow$$

$\sum$ MB = 0, - 2t . 6m - 2t . 4m - 2t . 2m + RAv . 8m = 0

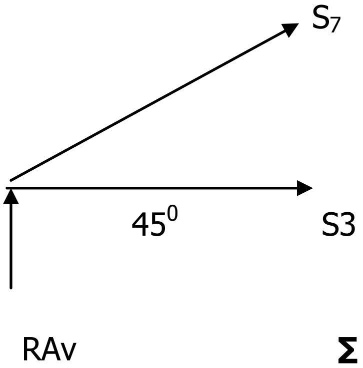
- 12 tm - 8 tm - 4 tm + RAv . 8m = 0

$$RAv = \frac{+\ 24\ tm}{+\ 8\ m} = +\ 3\ t \uparrow$$

Titik simpul A :

0

0



Σ V = 0, + RAv + S_7 . sin 45^0 =

+ 3 t + S_7 . 0,5 $\sqrt{2}$ =

$$S_7 \frac{-\ 3t}{+\ 0{,}5\ \sqrt{2}} = -\ 6\ \sqrt{2}$$

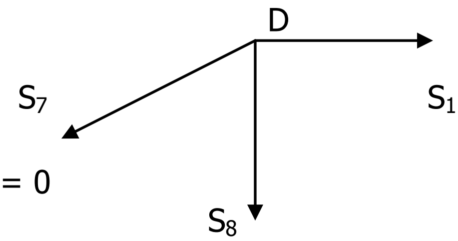
Σ H = 0, **+** S_3 + S_7 . cos 45^0 = 0

+ S_3 + (-6 $\sqrt{2}$ t)(0,5 $\sqrt{2}$) = 0

+ S_3 - 6 t = 0

S_3 = + 6 t

Titik simpul D :



Σ **V = 0,** $- S_8 - S_7 . \sin 45^0 = 0$

$- S_8 - (-6\sqrt{2})(0{,}5\sqrt{2}) = 0$

$- S_8 - (-6t) = 0$

$- S_8 + 6t = 0$

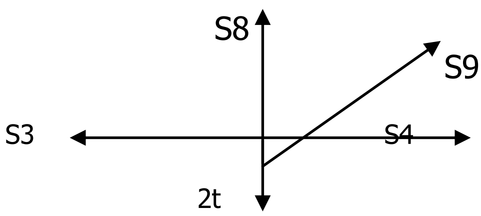
$S_8 = +6\, t$ ↑

Σ **H = 0,** $+ S_1 + S_7 . \cos 45^0 = 0$

$+ S_1 + (-6\sqrt{2}\, t)(0{,}5\sqrt{2}) = 0$

$S_1 = -6\, t$ ←

Titik simpul C :



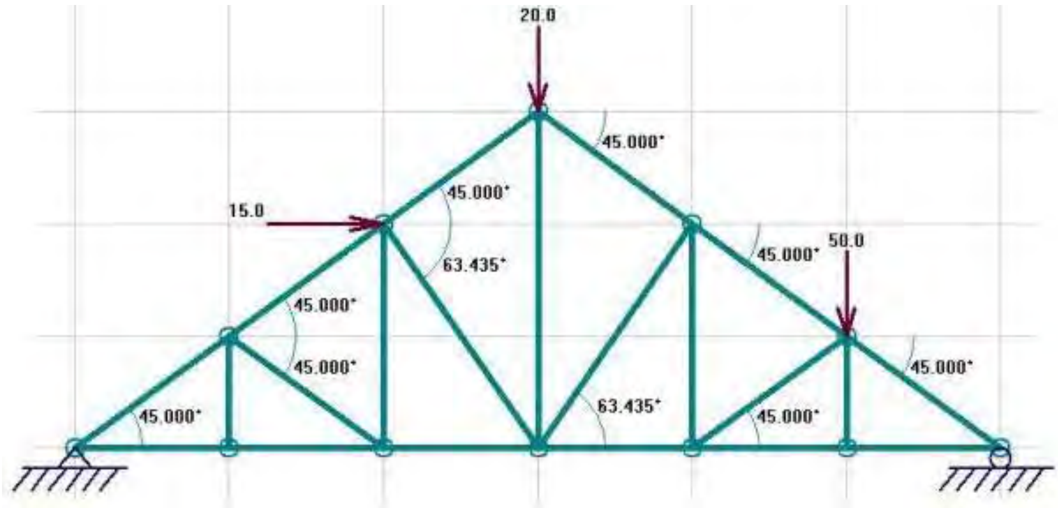
Σ **V = 0,** $+ S_8 - 2t + S_9 . \sin 45^0 = 0$

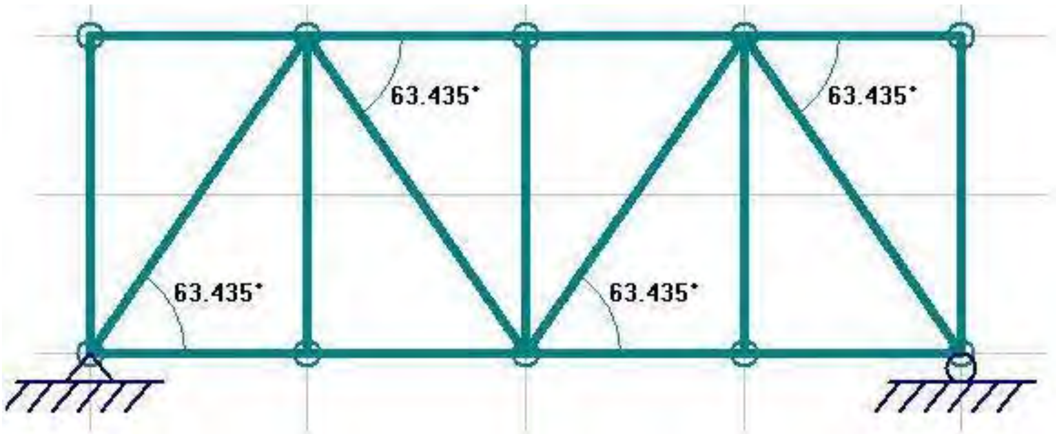
$+ (-6t) - 2t + S9(0{,}5\sqrt{2}) = 0$

$- 6t - 2t + S9(0{,}5\sqrt{2}) = 0$

$- 8t + S_9 (0{,}5\sqrt{2}) = 0$

$$S_9 = \frac{+8t}{0{,}5\sqrt{2}} = +16\sqrt{2}$$ ↑

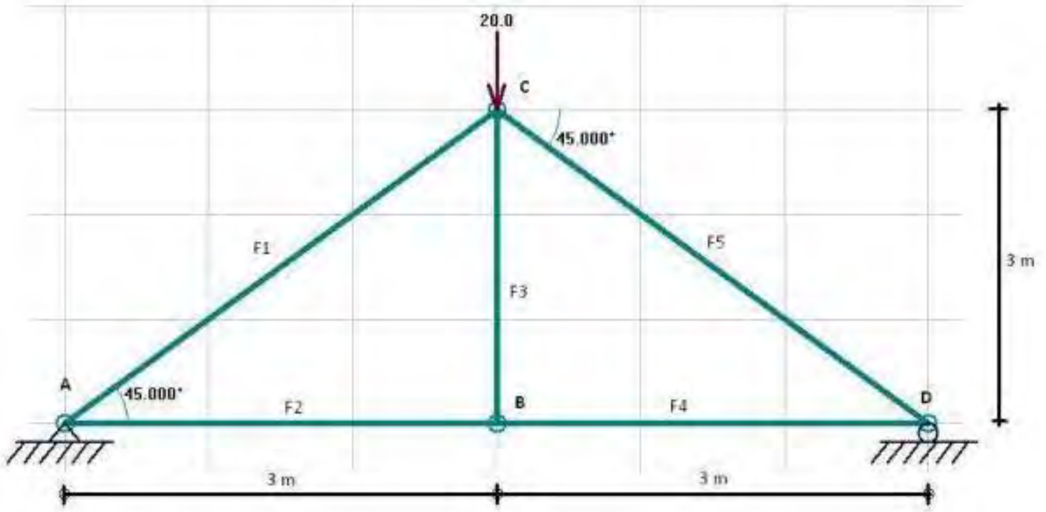




Stabilitas rangka batang dapat ditinjau dari stabilitas luar, yaitu reaksi perletakan tidak boleh bertemu di satu titik. Selain dari stabilitas luar, ada juga stabilitas dalam, yaitu rangka batang harus tersusun dari pola-pola segitiga. Struktur ada yang statis tertentu dan statis tak tentu, yang akan dibahas disini adalah struktur statis tertentu.

Syarat dari struktur statis tertentu adalah jumlah gaya pada tumpuan struktur = 3. Seperti gambar diatas ada satu tumpuan sendi dan satu tumpuan rol. Tumpuan sendi mempunyai dua gaya, yaitu gaya horizontal dan vertikal (maksudnya yang sejajar dan tegak lurus), sedangkan tumpuan rol memiliki satu gaya, yaitu gaya vertikal. Maka jika dijumlahkan ada tiga gaya, sehingga struktur ini memenuhi syarat struktur statis tertentu.

Cara menghitung gaya pada batang, ada dua metode yaitu metode titik buhul, dan metode ritter. Sebagai contoh kali ini akan menggunakan metode titik buhul. Metode titik buhul cukup sederhana, namun butuh ketelitian. Penyelesaiannya dimulai dengan menghitung reaksi perletakan. Lalu menghitung gaya vertikal dan horizontal dengan persamaan ΣV=0 dan ΣH=0.

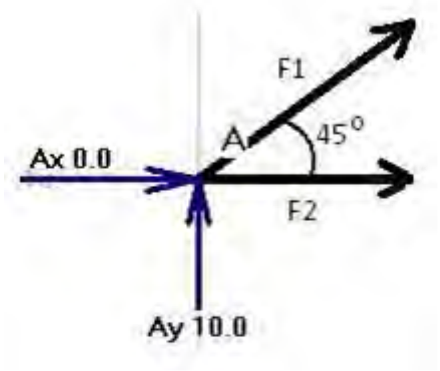


Langkah pertama adalah tentukan sudut antar batang, dan berikan nama pada tiap titik buhul dan tiap batang, ini untuk memudahkan perhitungan supaya tidak membingungkan. Penamaan bebas asal nantinya dimengerti.

Langkah kedua adalah hitung reaksi perletakannya. Pada contoh ini gaya yang diberikan tepat di tengah sebesar 20 kN, maka beban ini akan didistribusikan ke tumpuan masing-masing sebesar 10 kN. Sehingga RAV= 10 kN dan RBV = 10 kN, sedangkan RAH=0, karena tidak ada beban horizontal.

Langkah berikutnya adalah menghitung gaya pada batang di setiap titik buhul.

Pertama kita akan menghitung gaya pada batang di buhul A



ΣV=0

RAV + F1 sin 45 = 0

10 = – F1 sin 45

- F1 = 10/ sin 45

F1 = -14.14 kN

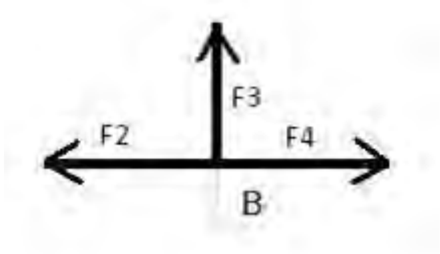
ΣH=0

RAH + F2 + F1 cos 45 = 0

0 +F2 = -F1 cos 45

F2= -(-14.14 cos 45)   F2= 10 kN

Selanjutnya di buhul B. Setiap tanda arah pada batang menjauhi titik buhul.



ΣV=0

F3=0

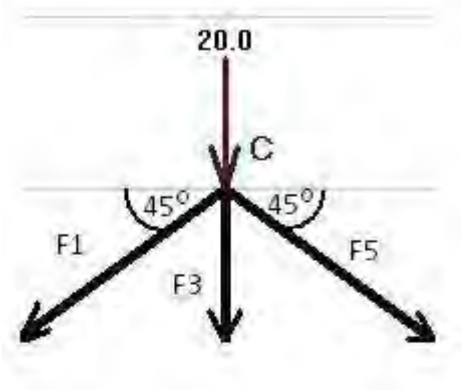
ΣH=0

F2-F4 = 0

F2 = F4

F4 = 10 kN

Buhul C



ΣV=0

-20 – F3 – F1 sin 45 – F5 sin 45 = 0

-20 – 0 – (-14.14 sin 45) = F5 sin 45

-20 – 0 + 10 = F5 sin 45

F5 = -10/sin 45

F5 = -14.14 kN

ΣH=0 (dicek, apakah sudah betul hitungan diatas)

- F1 cos 45 + F5 cos 45 = 0

-10 + 10 = 0 (Ok..)

Buhul D, (dapat kalian hitung sendiri..)

Nah, sudah selesai. Jadi hasilnya adalah:

F1= -14.14 kN

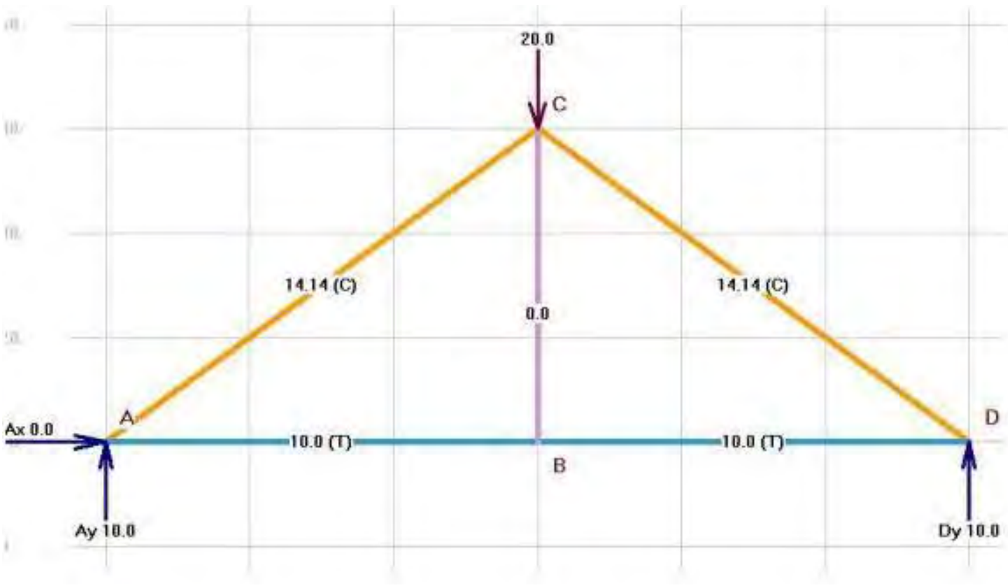
F2= 10 kN

F3= 0 kN

F4= 10 kN

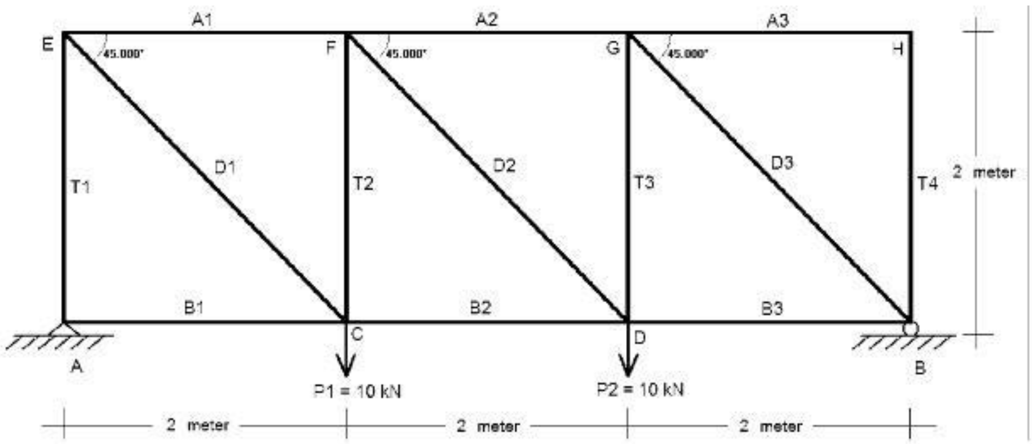
F5= -14.14 kN

*)tanda minus menunjukkan batang tersebut dalam kondisi tekan, dan tanda plus dalam kondisi tarik, bisa digambarkan seperti ini:



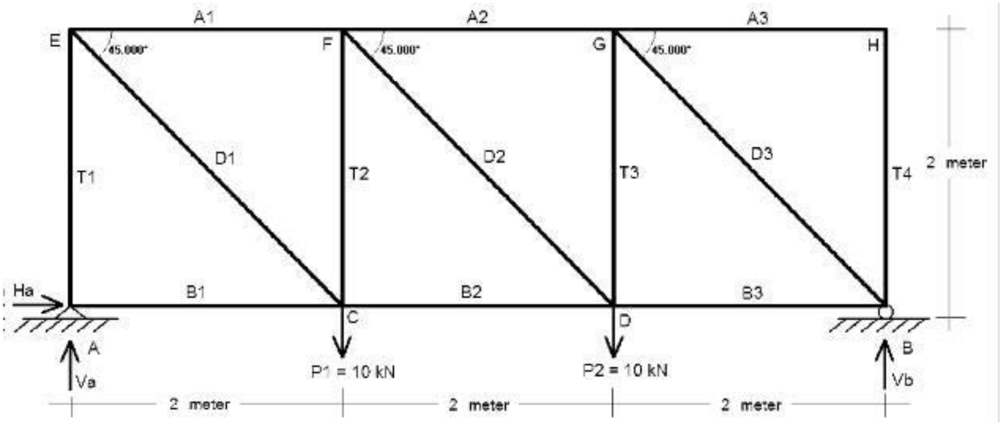
Contoh Soal dan Penyelesaian

2. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode keseimbangan titik kumpul



Penyelesaian :

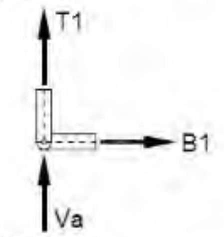
(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



$\sum M_B = 0$	$V_A.6 - 10.4 - 10.2 = 0$	maka diperoleh $V_A = 10$ kN $(\uparrow)$
$\sum M_A = 0$	$-V_B.6 + 10.4 + 10.2 = 0$	maka diperoleh $V_B = 10$ kN $(\uparrow)$
$\sum H = 0$	$H_A = 0$	
$\sum V = 0$	$V_A + V_B - P_1 - P_2 = 0$	cek ok!

(ii). Menghitung gaya-gaya batang :

Titik A.

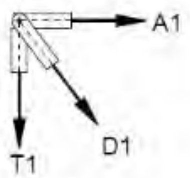


$\sum V = 0$ $\quad V_A + T_1 = 0$

$T_1 = -10$ kN (batang tekan)

$\sum H = 0$ $\quad B_1 = 0$ (batang B_1 tidak ada gaya)

Titik E.



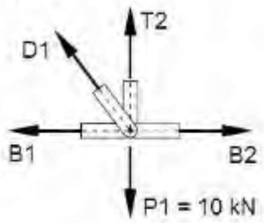
$\sum V = 0$ $\quad -T_1 - D_1.\sin 45^o = 0$

$D_1 = 14{,}1421$ kN (batang tarik)

$\sum H = 0$ $\quad D_1.\cos 45^o + A_1 = 0$

$A_1 = -10$ kN (batang tekan)

Titik C.



$\sum H = 0$ $\quad -B_1 - D_1.\cos 45^o + B_2 = 0$

$-B_1 - 14{,}1421.\cos 45^o + B_2 = 0$

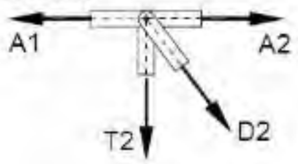
$B_2 = 10$ kN (batang tarik)

$\sum V = 0$ $\quad -P_1 + D_1.\sin 45^o + T_2 = 0$

$-10 + 14{,}1421.\sin 45^o + T_2 = 0$

$T_2 = 0$ (batang T_2 tidak ada gaya)

Titik F.



$\sum V = 0$

$-D_2.\sin 45^o - T_2 = 0$

$D_2 = 0$ (batang D_2 tidak ada gaya)

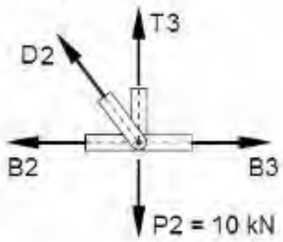
$\sum H = 0$

$-A_1 + D_2.\cos 45^o + A_2 = 0$

$-(-10) + (0).\cos 45^o + A_2 = 0$

$A_2 = -10$ kN (batang tekan)

Titik D.



$\sum H = 0$

$-B_2 - D_2.\cos 45^o + B_3 = 0$

$-10 - (0).\cos 45^o + B_3 = 0$

$B_3 = 10$ kN (batang tarik)

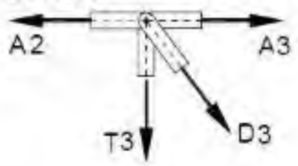
$\sum V = 0$

$-P_2 + D_2.\sin 45^o + T_3 = 0$

$-10 + (0).\sin 45^o + T_3 = 0$

$T_3 = 10$ kN (batang tarik)

Titik G.



$\sum H = 0$

$-T_3 - D_3.\cos 45^o = 0$

$-10 - D_3.\cos 45^o = 0$

$D_3 = -14{,}1421$ kN (batang tekan)

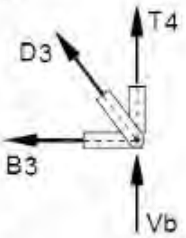
$\sum V = 0$

$-A_2 + D_3.\sin 45^o + A_3 = 0$

$-(-10) + (-14{,}1421).\sin 45^o + A_3 = 0$

$A_3 = 0$ (batang A_3 tidak ada gaya)

Titik B.



$$\sum V = 0 \qquad V_B + D_3.\sin 45^o + T_4 = 0$$

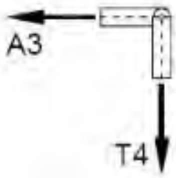
$$10 + (-14{,}1421).\sin 45^o + T_4 = 0$$

$T_4 = 0$ (batang T_4 tidak ada gaya)

$$\sum H = 0 \qquad -B_3 - D_3.\cos 45^o = 0$$

$$-10 - (-14{,}1421).\cos 45^o = 0 \qquad \text{ok!}$$

Titik H.



dari hasil perhitungan sebelumnya telah diperoleh,

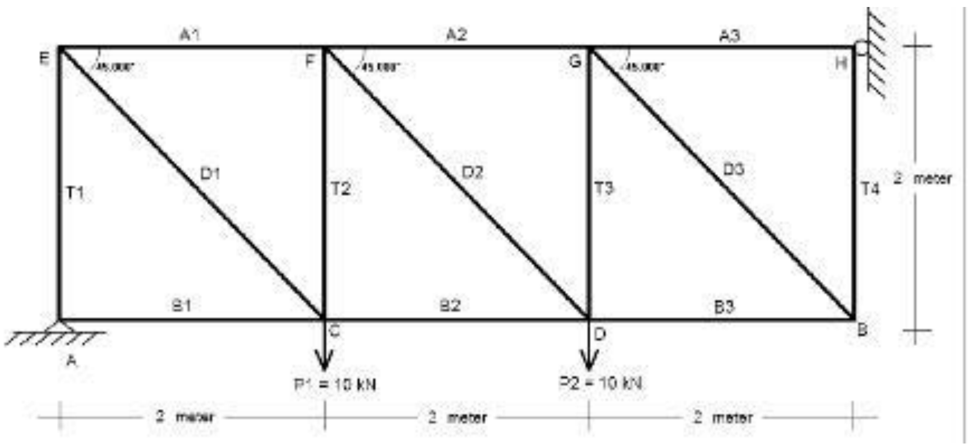
$A_3 = 0$ (batang A_3 tidak ada gaya)

$T_4 = 0$ (batang T_4 tidak ada gaya)

Hasil gaya-gaya batang secara keseluruhan dapat ditampilkan dalam tabel sebagai berikut:

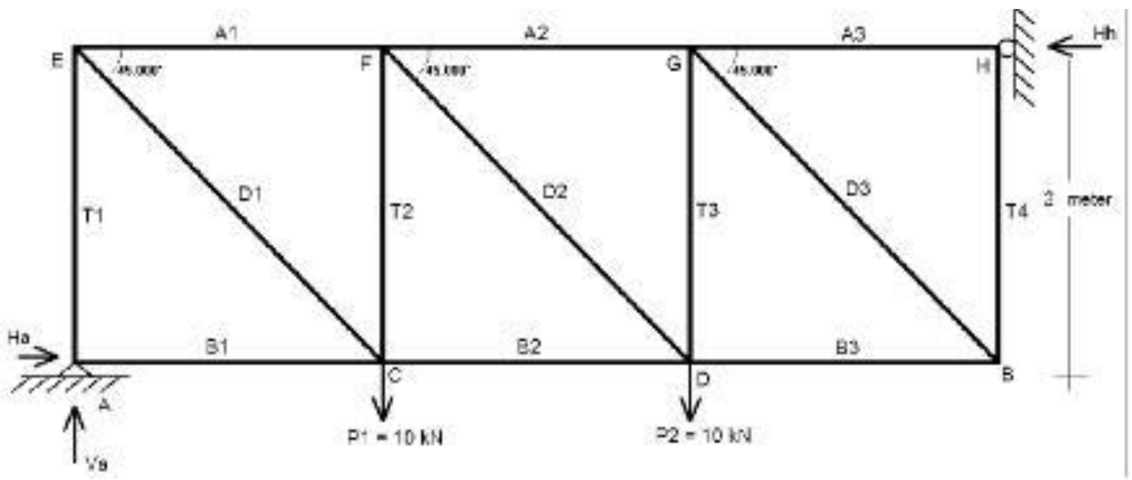
Batang	Gaya (kN)	Keterangan
A1	10	Batang tekan
A2	10	Batang tekan
A3	0	-
T1	10	Batang tekan
T2	0	-
T3	10	Batang tarik
T4	0	-
D1	14,1421	Batang tarik
D2	0	-
D3	14,421	Batang tekan
B1	0	-
B2	10	Batang tarik
B3	10	Batang tarik

3. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gayagaya batang dengan menggunakan metode keseimbangan titik kumpul.



Penyelesaian :

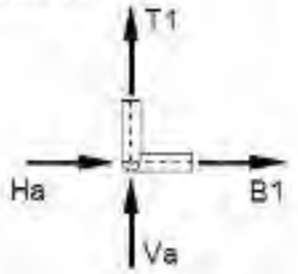
(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



$\sum V = 0$	$V_A - P_1 - P_2 = 0$	maka diperoleh $V_A = 20$ kN (↑)
$\sum M_H = 0$	$-H_A.2 + V_A.6 - 10.4 - 10.2 = 0$	maka diperoleh $H_A = 30$ kN (→)
$\sum M_A = 0$	$-H_H.2 + 10.4 + 10.2 = 0$	maka diperoleh $H_H = 30$ kN (←)
$\sum H = 0$	$H_A - H_H = 0$	cek ok!

(ii). Menghitung gaya-gaya batang :

Titik A.



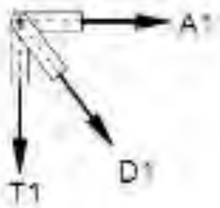
$\sum V = 0 \qquad V_A + T_1 = 0$

$T_1 = -20 \text{ kN}$ (batang tekan)

$\sum H = 0 \qquad H_A + B_1 = 0$

$B_1 = -30 \text{ kN}$ (batang tekan)

Titik E.



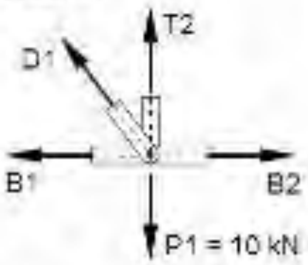
$\sum V = 0 \qquad -T_1 - D_1.\sin 45^o = 0$

$D_1 = 28{,}2842 \text{ kN}$ (batang tarik)

$\sum H = 0 \qquad D_1.\cos 45^o + A_1 = 0$

$A_1 = -20 \text{ kN}$ (batang tekan)

Titik C.



$\sum H = 0 \qquad -B_1 - D_1.\cos 45^o + B_2 = 0$

$-B_1 - 28{,}2842.\cos 45^o + B_2 = 0$

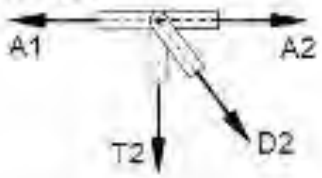
$B_2 = -10 \text{ kN}$ (batang tekan)

$\sum V = 0 \qquad -P_1 + D_1.\sin 45^o + T_2 = 0$

$-10 + 28{,}2842.\sin 45^o + T_2 = 0$

$T_2 = -10 \text{ kN}$ (batang tekan)

Titik F.



$\sum V = 0 \qquad -D_2.\sin 45^o - T_2 = 0$

$-D_2.\sin 45^o - (-10) = 0$

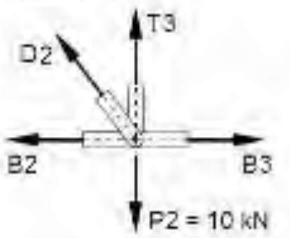
$D_2 = 14{,}1421 \text{ kN}$ (batang tarik)

$\sum H = 0 \qquad -A_1 + D_2.\cos 45^o + A_2 = 0$

$-(-20) + (14{,}1421).\cos 45^o + A_2 = 0$

$A_2 = -30 \text{ kN}$ (batang tekan)

Titik D.



$\sum H = 0$ $\quad -B_2 - D_2.\cos 45^\circ + B_3 = 0$

$-(-10)-(14.1421).\cos 45^\circ + B_3 = 0$

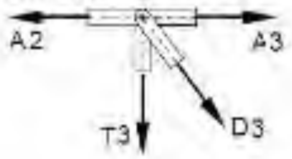
$B_3 = 0$ (batang A_3 tidak ada gaya)

$\sum V = 0$ $\quad -P_2 + D_2.\sin 45^\circ + T_3 = 0$

$-10+(14.1421).\sin 45^\circ + T_3 = 0$

$T_3 = 0$ (batang T_3 tidak ada gaya)

Titik G.



$\sum H = 0$ $\quad -T_3 - D_3.\cos 45^\circ = 0$

$-0 - D_3.\cos 45^\circ = 0$

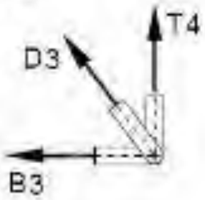
$D_3 = 0$ (batang D_3 tidak ada gaya)

$\sum V = 0$ $\quad -A_2 + D_3.\sin 45^\circ + A_3 = 0$

$-(-30)+(0).\sin 45^\circ + A_3 = 0$

$A_3 = -30$ kN (batang tekan)

Titik B.



$\sum V = 0$ $\quad D_3.\sin 45^\circ + T_4 = 0$

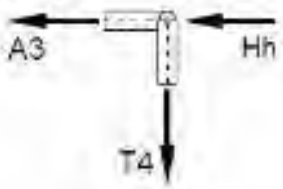
$(0).\sin 45^\circ + T_4 = 0$

$T_4 = 0$ (batang T_4 tidak ada gaya)

$\sum H = 0$ $\quad -B_3 - D_3.\cos 45^\circ = 0$

$-0-(0).\cos 45^\circ = 0$ $\quad$ ok!

Titik H.



dari hasil perhitungan sebelumnya telah diperoleh.

$A_3 = -30$ kN (batang tekan)

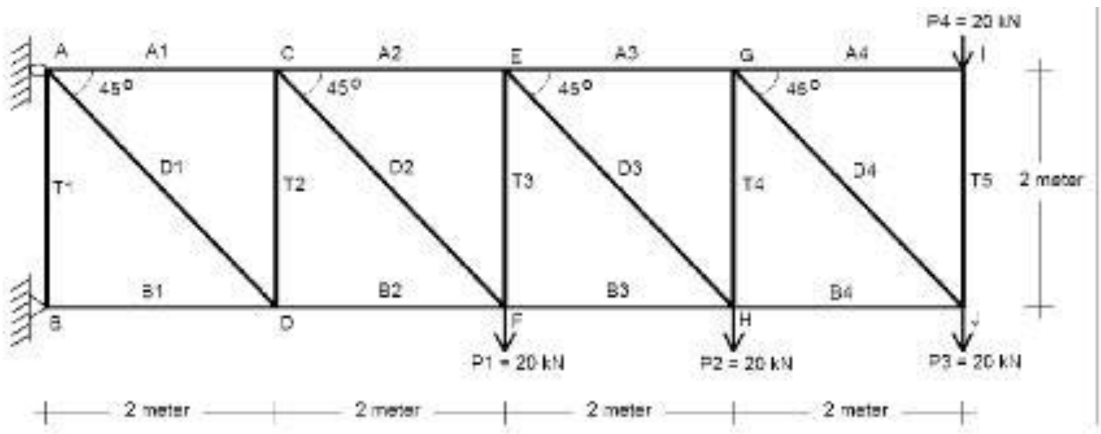
$T_4 = 0$ (batang T_4 tidak ada gaya)

Hasil gaya-gaya batang secara keseluruhan dapat ditampilkan dalam tabel sebagai berikut,

Batang	Gaya (kN)	Keterangan
A1	20	Batang tekan
A2	30	Batang tekan
A3	30	Batang tekan
T1	20	Batang tekan

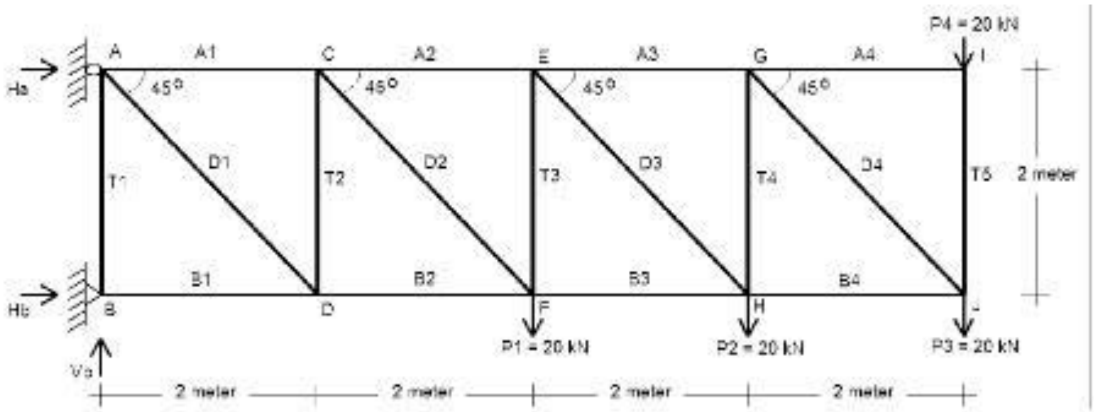
T2	10	Batang tekan
T3	0	-
T4	0	-
D1	28,2842	Batang tarik
D2	14,1421	Batang tarik
D3	0	-
B1	30	Batang tekan
B2	10	Batang tekan
B3	0	-

4. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode keseimbangan titik kumpul.



Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



$\sum V = 0 \qquad V_A - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 = 0$

maka diperoleh $V_A = 80$ kN (↑)

$\sum M_B = 0 \qquad H_A.2 + P_4.8 + P_3.8 + P_2.6 + P_1.4 = 0$

$H_A.2 + 20.8 + 20.8 + 20.6 + 20.4 = 0$

maka diperoleh $H_A = -260$ kN (←)

$\sum M_A = 0 \qquad -H_B.2 - V_B.0 + P_4.8 + P_3.8 + P_2.6 + P_1.4 = 0$

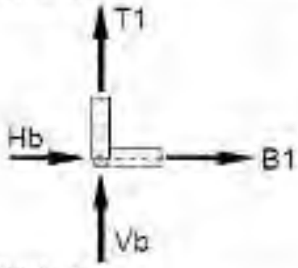
$-H_B.2 - V_B.0 + 20.8 + 20.8 + 20.6 + 20.4 = 0$

maka diperoleh $H_B = 260$ kN (→)

$\sum H = 0 \qquad H_A + H_B = 0$ cek ok!

(ii). Menghitung gaya-gaya batang :

Titik B.



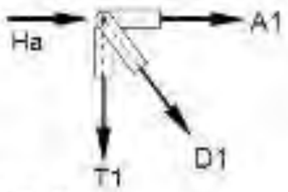
$\sum V = 0$ $\quad V_B + T_1 = 0$

$T_1 = -80$ kN (batang tekan)

$\sum H = 0$ $\quad H_B + B_1 = 0$

$B_1 = -260$ kN (batang tekan)

Titik A.



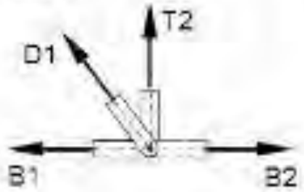
$\sum V = 0$ $\quad -T_1 - D_1.\sin 45^o = 0$

$D_1 = 113{,}14$ kN (batang tarik)

$\sum H = 0$ $\quad H_A + D_1.\cos 45^o + A_1 = 0$

$A_1 = 180$ kN (batang tarik)

Titik C.



$\sum H = 0$ $\quad -B_1 - D_1.\cos 45^o + B_2 = 0$

$-B_1 - 113{,}14.\cos 45^o + B_2 = 0$

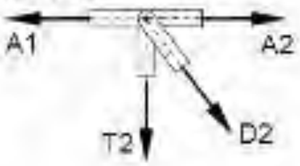
$B_2 = -180$ kN (batang tekan)

$\sum V = 0$ $\quad D_1.\sin 45^o + T_2 = 0$

$113{,}14.\sin 45^o + T_2 = 0$

$T_2 = -80$ kN (batang tekan)

Titik D.



$\sum V = 0$ $\quad -D_2.\sin 45^o - T_2 = 0$

$-D_2.\sin 45^o - (-80) = 0$

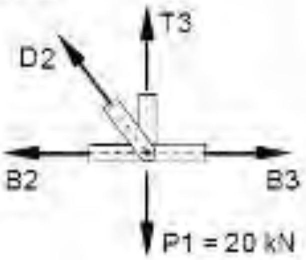
$D_2 = 113{,}14$ kN (batang tarik)

$\sum H = 0$ $\quad -A_1 + D_2.\cos 45^o + A_2 = 0$

$-(180) + (113{,}14).\cos 45^o + A_2 = 0$

$A_2 = 100$ kN (batang tarik)

Titik E.



$\sum H = 0$ $\quad -B_2 - D_2.\cos 45^o + B_3 = 0$

$-(-180) - (113{,}14).\cos 45^o + B_3 = 0$

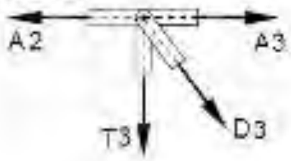
$B_3 = -100$ kN (batang tekan)

$\sum V = 0$ $\quad -P_1 + D_2.\sin 45^o + T_3 = 0$

$-20 + (113{,}14).\sin 45^o + T_3 = 0$

$T_3 = -60$ kN (batang tekan)

Titik F.



$\sum H = 0 \qquad -T_3 - D_3.\cos 45^o = 0$

$-(-60) - D_3.\cos 45^o = 0$

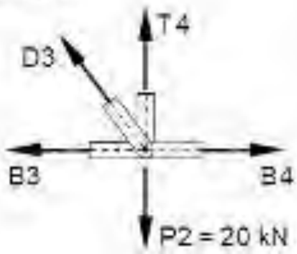
$D_3 = 84{,}85$ kN (batang tarik)

$\sum V = 0 \qquad -A_2 + D_3.\sin 45^o + A_3 = 0$

$-(100) + 84{,}85.\sin 45^o + A_3 = 0$

$A_3 = 40$ kN (batang tarik)

Titik G.



$\sum V = 0 \qquad D_3.\sin 45^o + T_4 - 20 = 0$

$(84{,}85).\sin 45^o + T_4 - 20 = 0$

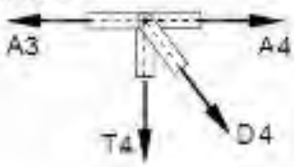
$T_4 = -40$ kN (batang tekan)

$\sum H = 0 \qquad -B_3 - D_3.\cos 45^o + B_4 = 0$

$-(-100) - (84{,}85).\cos 45^o + B_4 = 0$

$B_4 = -40$ kN (batang tekan)

Titik H.



$\sum V = 0 \qquad D_4.\sin 45^o + T_4 = 0$

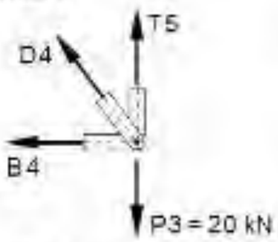
$D_4.\sin 45^o + (-40) = 0$

$D_4 = 56{,}57$ (batang tarik)

$\sum H = 0 \qquad -A_3 + A_4 + D_4.\cos 45^o = 0$

$A_4 = 0$ (batang A_4 tidak ada gaya)

Titik I.



$\sum V = 0 \qquad -P_3 + D_4.\sin 45^o + T_5 = 0$

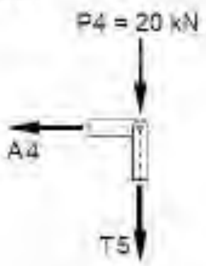
$-20 + (56{,}57).\sin 45^o + T_5 = 0$

$T_5 = -20$ kN (batang tekan)

$\sum H = 0 \qquad -B_4 - D_4.\cos 45^o = 0$

$-(-40) - (56{,}57).\cos 45^o = 0$ ok!

Titik J.



dari hasil perhitungan sebelumnya telah diperoleh.

$\sum H = 0 \qquad A_4 = 0$ (batang A_4 tidak ada gaya) ok!

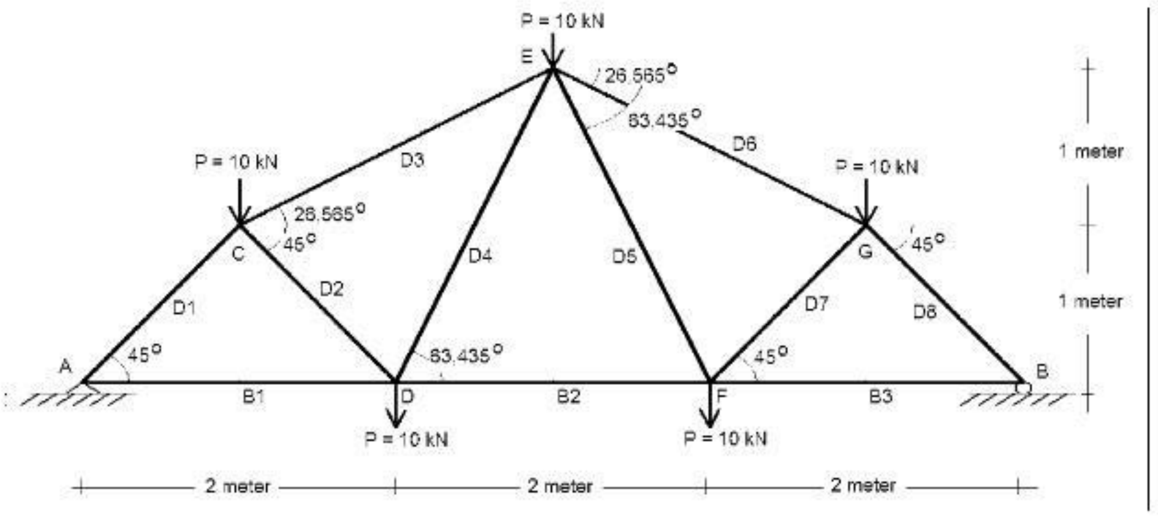
$\sum V = 0 \qquad -P_4 + T_5 = 0$

$T_5 = -20$ kN (batang tekan) ok!

Hasil gaya-gaya batang secara keseluruhan dapat ditampilkan dalam tabel sebagai berikut:

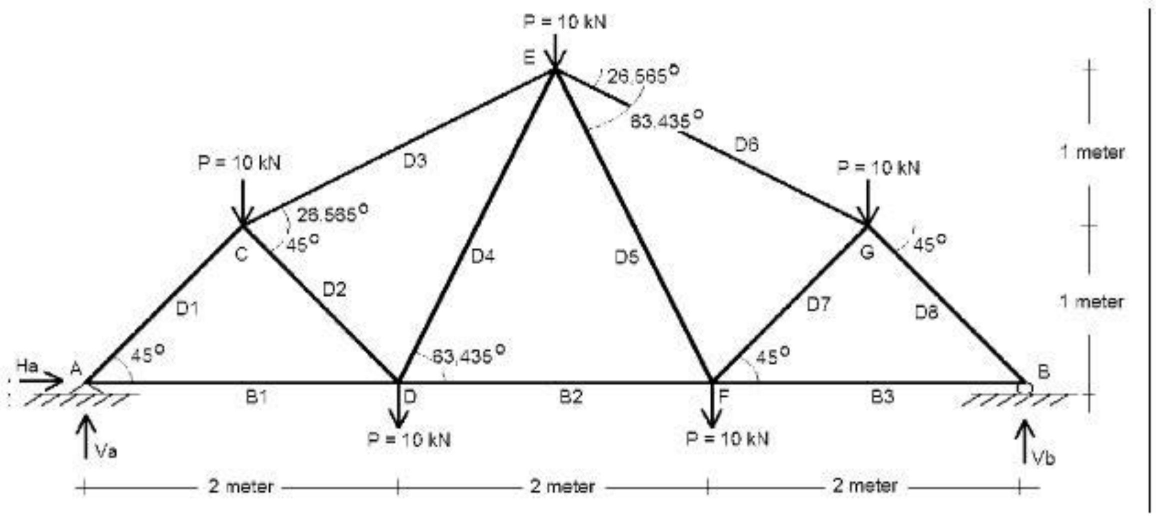
Batang	Gaya (kN)	Keterangan
A1	180	Batang tarik
A2	100	Batang tarik
A3	40	Batang tarik
A4	0	-
T1	80	Batang tekan
T2	80	Batang tekan
T3	60	Batang tekan
T4	40	Batang tekan
T5	20	Batang tekan
D1	113,14	Batang tarik
D2	113,14	Batang tarik
D3	84,85	Batang tarik
D4	56,57	Batang tarik
B1	260	Batang tekan
B2	180	Batang tekan
B3	100	Batang tekan
B4	40	Batang tekan

5. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode keseimbangan titik kumpul.



Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



$$\sum M_B = 0 \qquad V_A.6 - 10.5 - 10.4 - 10.3 - 10.2 - 10.1 = 0$$

maka diperoleh $V_A = 25$ kN $(\uparrow)$

$$\sum M_A = 0 \qquad -V_B.6 + 10.1 + 10.2 + 10.3 + 10.4 + 10.5 = 0$$

maka diperoleh $V_B = 25$ kN $(\uparrow)$

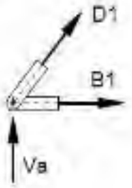
$$\sum H = 0 \qquad H_A = 0$$

$$\sum V = 0 \qquad V_A + V_B - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 = 0 \qquad \text{cek ok!}$$

(ii). Menghitung gaya-gaya batang :

Karena model struktur rangka pada kasus ini berbentuk simetris, maka untuk menghitung gaya-gaya batang cukup kita tinjau titik A, titik C, titik D dan titik E.

Titik A.



$$\sum V = 0 \qquad D_1.\sin 45^\circ + V_A = 0$$

$$D_1.\sin 45^\circ + 25 = 0$$

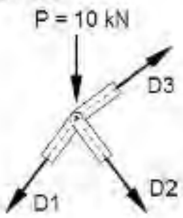
$D_1 = -35{,}36$ kN (batang tekan)

$$\sum H = 0 \qquad B_1 + D_1.\cos 45^\circ = 0$$

$$B_1 + (-35{,}36).\sin 45^\circ = 0$$

$B_1 = 25$ kN (batang tarik)

Titik C.



$$\sum V = 0 \qquad -D_1.\sin 45^\circ - D_2.\sin 45^\circ - P + D_3.\sin 26{,}565^\circ = 0$$

$$-(-35{,}36).\sin 45^\circ - D_2.\sin 45^\circ - 10 + D_3.\sin 26{,}565^\circ = 0$$

$$-0.707.D_2 + 0{,}447.D_3 = -15 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\sum H = 0 \qquad -D_1.\cos 45^\circ + D_2.\cos 45^\circ + D_3.\cos 26{,}565^\circ = 0$$

$$-(-35{,}36).\cos 45^\circ + D_2.\cos 45^\circ + D_3.\cos 26{,}565^\circ = 0$$

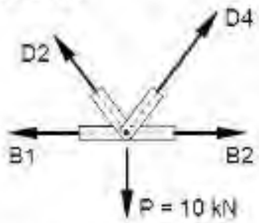
$$0{,}707.D_2 + 0.894.D_3 = -25 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

dari persamaan (1) dan (2) dapat kita peroleh.

$D_2 = 2{,}357$ kN (batang tarik)

$D_3 = -29{,}828$ kN (batang tekan)

Titik D.



$\sum V = 0$ $\quad -P + D_2.\sin 45^o + D_4.\sin 63{,}435^o = 0$

$-10 + 2{,}357.\sin 45^o + D_4.\sin 63{,}435^o = 0$

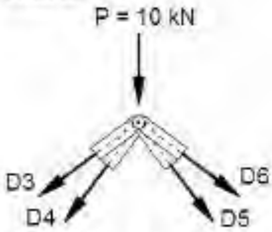
$D_4 = 9{,}316$ kN (batang tarik)

$\sum H = 0$ $\quad -B_1 - D_2.\cos 45^o + D_4.\cos 63{,}435^o + B_2 = 0$

$-25 - 2{,}357.\cos 45^o + 9.316.\cos 63{,}435^o + B_2 = 0$

$B_2 = 22{,}5$ kN (batang tarik)

Titik E.



$\sum V = 0$

$-P - D_3.\sin 26{,}565^o - D_4.\sin 63{,}435^o - D_6.\sin 26{,}565^o - D_5.\sin 63{,}435^o = 0$

$-10 - (-29{,}828).\sin 26{,}565^o - 9{,}316.\sin 63{,}435^o - D_6.\sin 26{,}565^o - D_5.\sin 63{,}435^o = 0$

$-0{,}894 D_5 - 0{,}447.D_6 = 5$ .... (3)

$\sum H = 0$

$-D_3.\cos 26{,}565^o - D_4.\cos 63{,}435^o + D_6.\cos 26{,}565^o + D_5.\cos 63{,}435^o = 0$

$-(-29.828).\cos 26{,}565^o - 9{,}316.\cos 63{,}435^o + D_6.\cos 26{,}565^o + D_5.\cos 63{,}435^o = 0$

$0{,}447 D_5 + 0.894.D_6 = -22{,}513$ .... (4)

dari persamaan (3) dan (4) dapat kita peroleh,

$D_5 = 9{,}316$ kN (batang tarik)

$D_6 = -29{,}828$ kN (batang tekan)

Karena bentuk stuktur rangka adalah simetris, maka dapat kita hitung,

$D_7 = D_2 = 2{,}357$ kN (batang tarik)

$D_8 = D_1 = -35{,}36$ kN (batang tekan)

$B_3 = B_1 = 25$ kN (batang tarik)

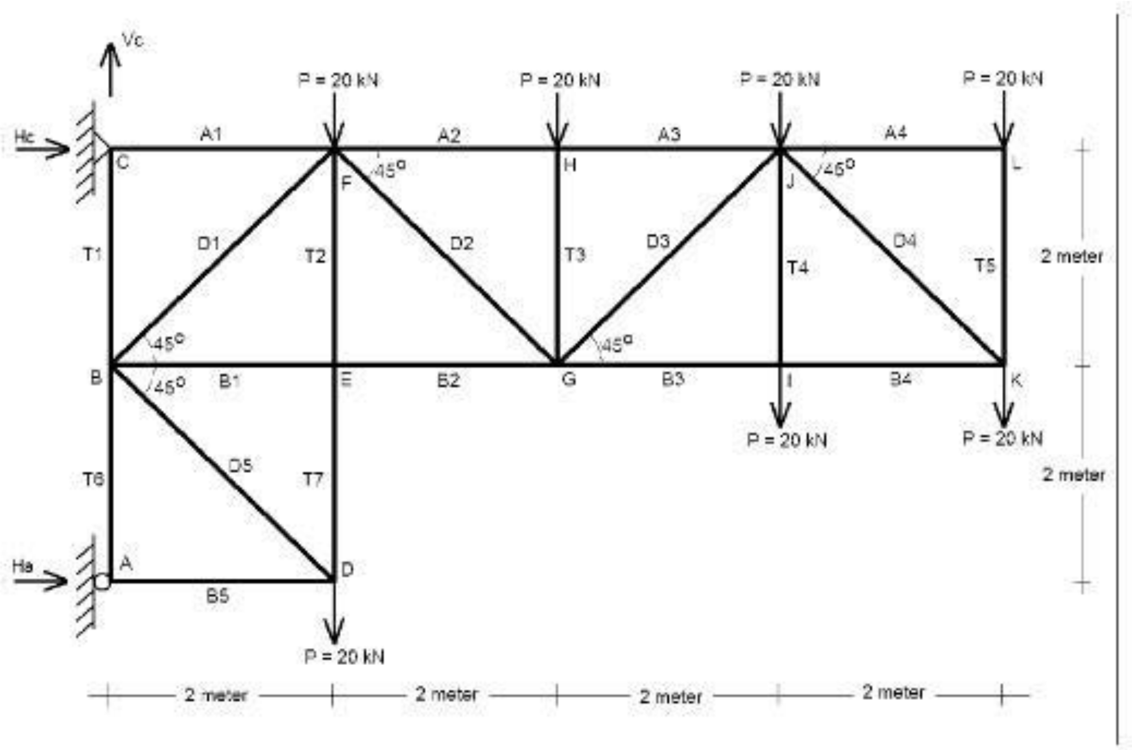
Hasil gaya-gaya batang secara keseluruhan dapat ditampilkan dalam tabel sebagai berikut,

Batang	Gaya (kN)	Keterangan
B1	25	Batang tarik
B2	22,5	Batang tarik
B3	25	Batang tarik
D1	35,36	Batang tekan
D2	2,357	Batang tarik
D3	29,828	Batang tekan
D4	9,316	Batang tarik
D5	9,316	Batang tarik
D6	29,828	Batang tekan
D7	2,357	Batang tarik
D8	35,36	Batang tekan

Soal Latihan (diskusikan dengan temanmu)

Diketahui : Sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut.

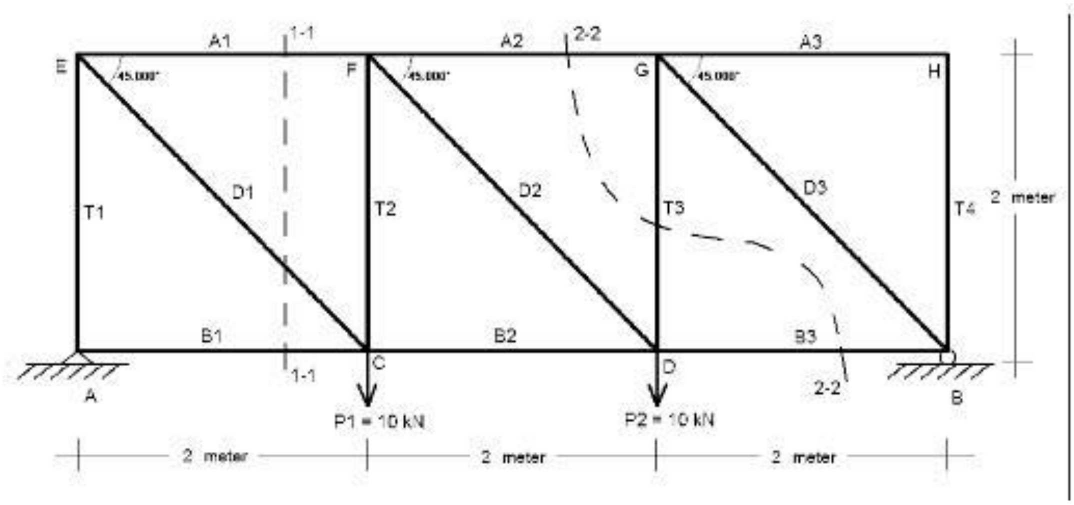
Ditanyakan : Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode keseimbangan titik kumpul.



B. Analisis Gaya Pada Rangka Batang/Truss Statis Tertentu, Metode Potongan

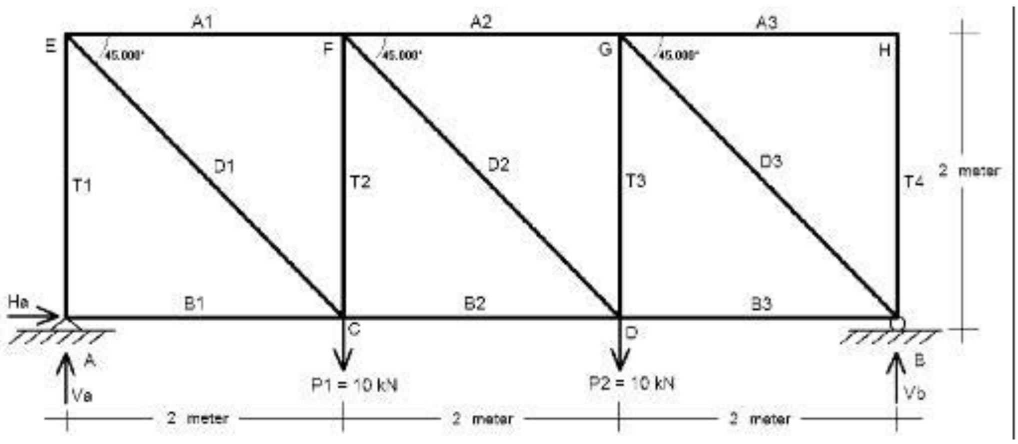
Contoh Soal

1. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gayabatang A1, D1, B1, A2, T3 dan B3 dengan menggunakan metode potongan.



Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



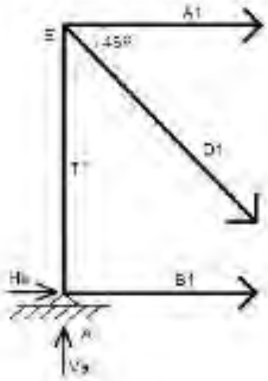
$\sum M_B = 0 \quad V_A.6 - 10.4 - 10.2 = 0 \quad$ maka diperoleh $V_A = 10$ kN (↑)

$\sum M_A = 0 \quad -V_B.6 + 10.4 + 10.2 = 0 \quad$ maka diperoleh $V_B = 10$ kN (↑)

$\sum H = 0 \quad H_A = 0$

$\sum V = 0 \quad V_A + V_B - P_1 - P_2 = 0 \quad$ cek ok!

(ii). Menghitung gaya-gaya batang pada potongan 1-1:



$\sum M_E = 0 \quad -B_1.2 = 0$

$B_1 = 0$ (batang B_1 tidak ada gaya)

$\sum V = 0 \quad V_A - D_1.\sin 45^o = 0$

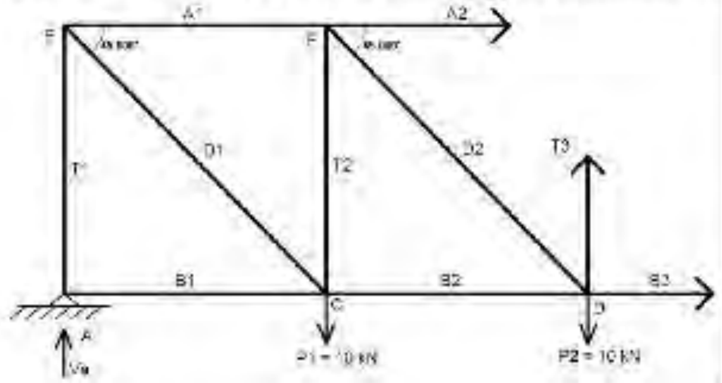
$10 - D_1.\sin 45^o = 0$

$D_1 = 14.1421$ kN (batang tarik)

$\sum H = 0 \quad A_1 + D_1.\cos 45^o + B_1 = 0$

$A_1 = -10$ kN (batang tekan)

(iii). Menghitung gaya-gaya batang pada potongan 2-2:



$\sum V = 0 \quad V_A - P_1 - P_2 + T_3 = 0$

$10 - 10 - 10 + T_3 = 0$

$T_3 = 10$ kN (batang tarik)

$\sum M_D = 0 \quad V_A.4 + A_2.2 - P_1.2 = 0$

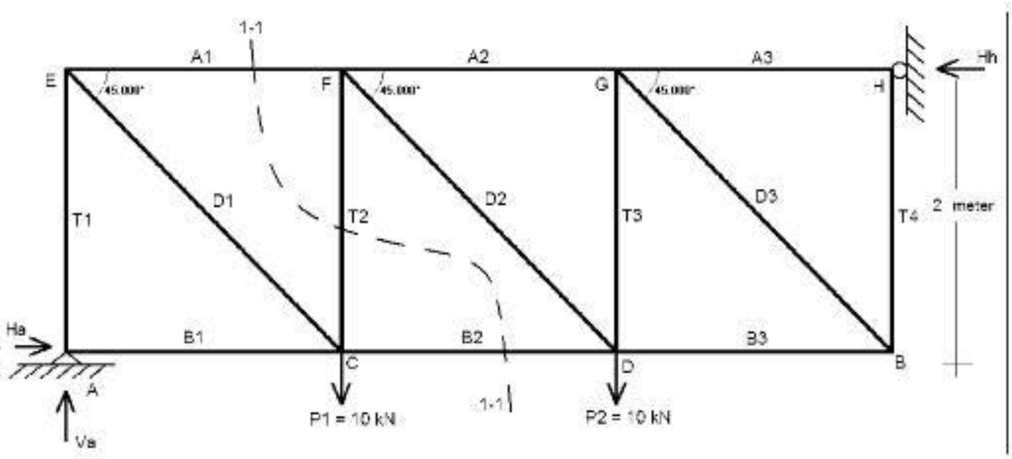
$10.4 + A_2.2 - 10.2 = 0$

$A_2 = -10$ kN (batang tekan)

$\sum H = 0 \quad A_2 + B_3 = 0$

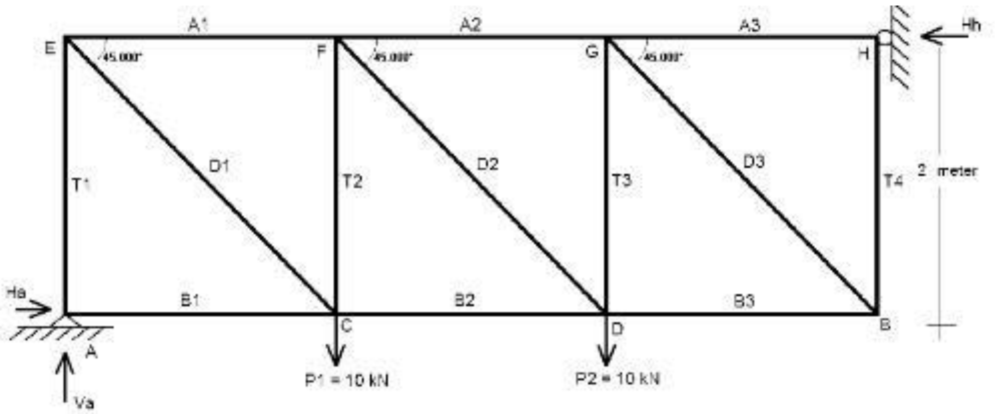
$B_3 = 10$ kN (batang tarik)

2. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang A1, T2 dan B2 dengan menggunakan metode potongan.



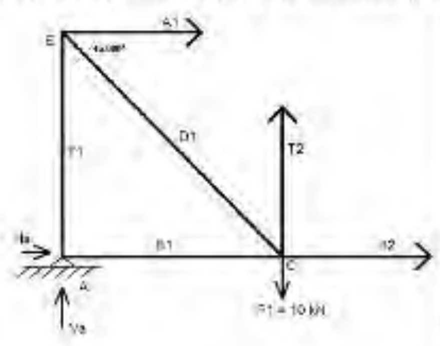
Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



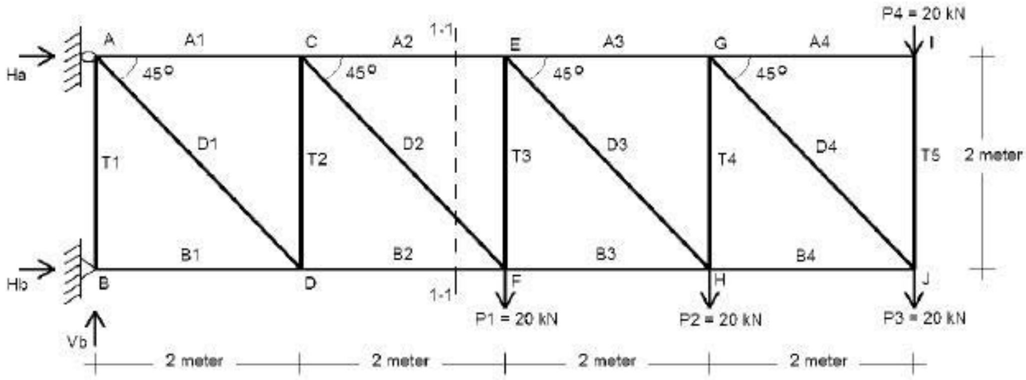
$\sum V = 0$	$V_A - P_1 - P_2 = 0$	maka diperoleh $V_A = 20$ kN (↑)
$\sum M_B = 0$	$-H_A.2 + V_A.6 - 10.4 - 10.2 = 0$	maka diperoleh $H_A = 30$ kN (→)
$\sum M_A = 0$	$-H_B.2 + 10.4 + 10.2 = 0$	maka diperoleh $H_B = 30$ kN (←)
$\sum H = 0$	$H_A - H_B = 0$	cek ok!

(ii). Menghitung gaya-gaya batang pada potongan 1-1:



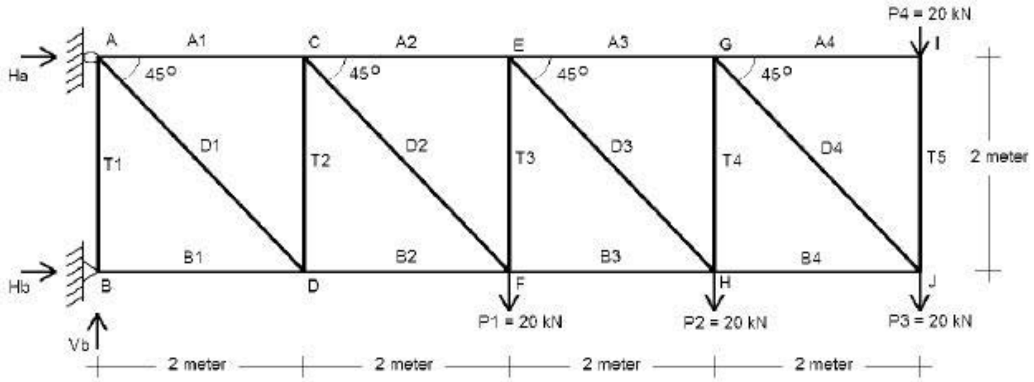
$$\sum V = 0 \qquad V_A - P_1 + T_2 = 0$$
$$20 - 10 + T_3 = 0$$
$$T_2 = -10 \text{ kN (batang tekan)}$$
$$\sum M_C = 0 \qquad V_A.2 + A_1.2 = 0$$
$$20.2 + A_1.2 = 0$$
$$A_1 = -20 \text{ kN (batang tekan)}$$
$$\sum H = 0 \qquad A_1 + B_2 + H_A = 0$$
$$B_2 = -10 \text{ kN (batang tekan)}$$

3. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang A3, D3 dan B3 dengan menggunakan metode potongan.



Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



$\sum V = 0 \qquad V_B - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 = 0$

maka diperoleh $V_B = 80$ kN (↑)

$\sum M_B = 0 \qquad H_A.2 + P_4.8 + P_3.8 + P_2.6 + P_1.4 = 0$

$H_A.2 + 20.8 + 20.8 + 20.6 + 20.4 = 0$

maka diperoleh $H_A = -260$ kN (←)

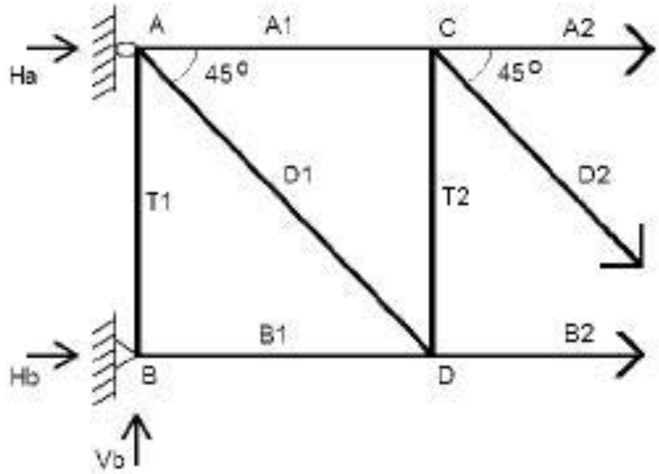
$\sum M_A = 0 \qquad -H_B.2 - V_B.0 + P_4.8 + P_3.8 + P_2.6 + P_1.4 = 0$

$-H_B.2 - V_B.0 + 20.8 + 20.8 + 20.6 + 20.4 = 0$

maka diperoleh $H_B = 260$ kN (→)

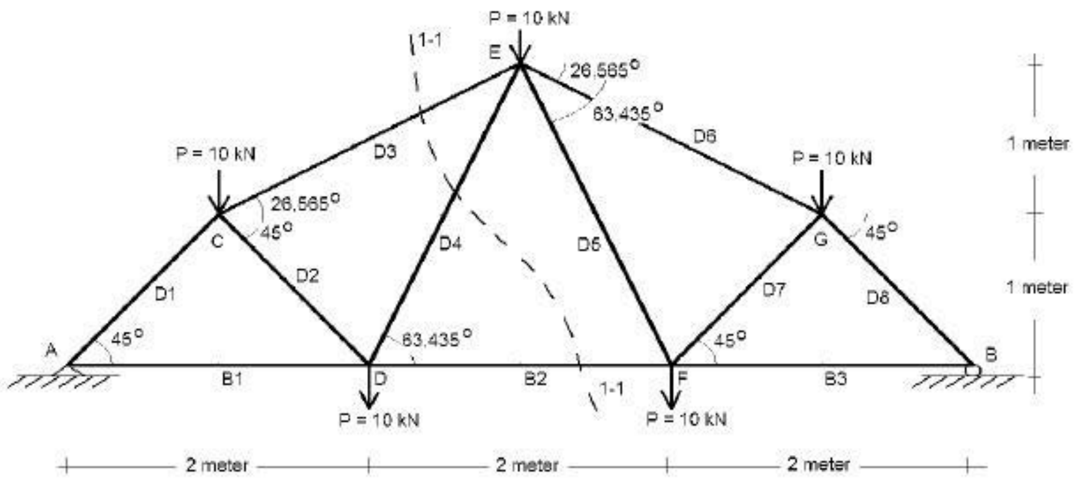
$\sum H = 0 \qquad H_A + H_B = 0$ cek ok!

(ii). Menghitung gaya-gaya batang pada potongan 1-1 :



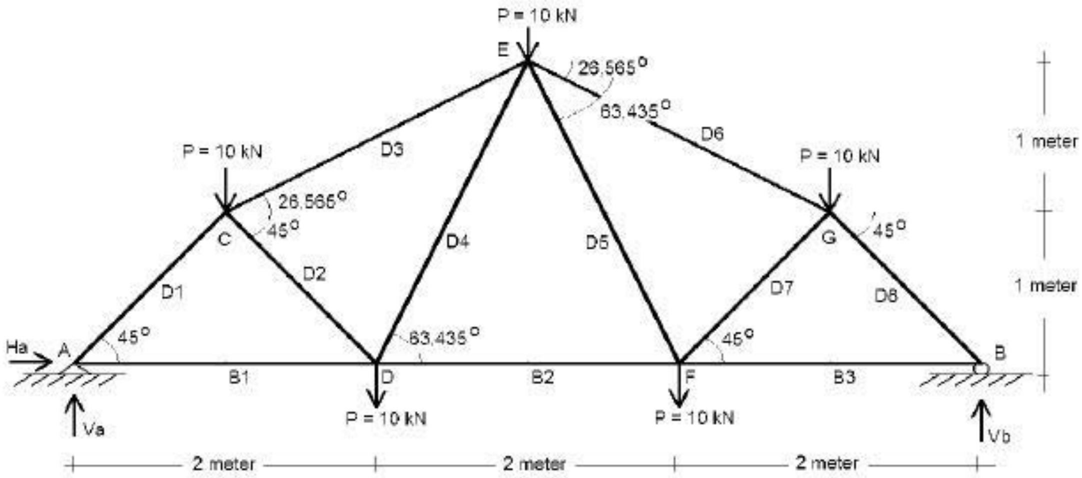
$$\sum V = 0 \qquad V_B - D_2.\sin 45^o = 0$$
$$80 - D_2.\sin 45^o = 0$$
$$D_2 = 113{,}14 \text{ kN (batang tarik)}$$
$$\sum M_C = 0 \qquad -H_B.2 + V_B.2 - B_2.2 = 0$$
$$-260.2 + 80.2 - B_2.2 = 0$$
$$B_2 = -180 \text{ kN (batang tekan)}$$
$$\sum H = 0 \qquad H_A + H_B + A_2 + D_2.\cos 45^o + B_2 = 0$$
$$-260 + 260 + A_2 + 113{,}14.\cos 45^o + (-180) = 0$$
$$A_2 = 100 \text{ kN (batang tarik)}$$

4. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang D3, D4 dan B2 dengan menggunakan metode potongan.



Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan :



$$\sum M_B = 0 \qquad V_A.6 - 10.5 - 10.4 - 10.3 - 10.2 - 10.1 = 0$$

maka diperoleh $V_A = 25$ kN $(\uparrow)$

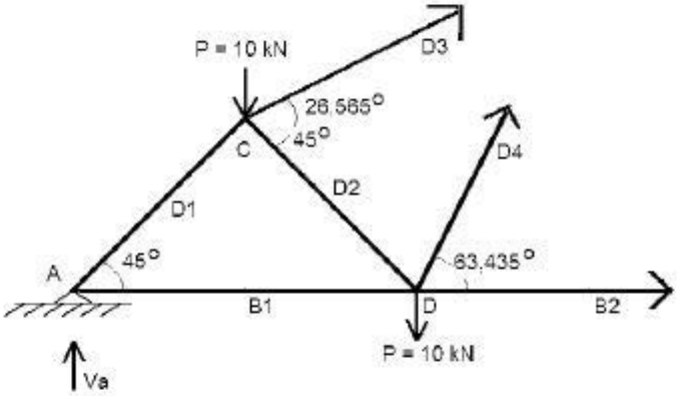
$$\sum M_A = 0 \qquad -V_B.6 + 10.1 + 10.2 + 10.3 + 10.4 + 10.5 = 0$$

maka diperoleh $V_B = 25$ kN $(\uparrow)$

$$\sum H = 0 \qquad H_A = 0$$

$$\sum V = 0 \qquad V_A + V_B - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 = 0 \qquad \text{cek ok!}$$

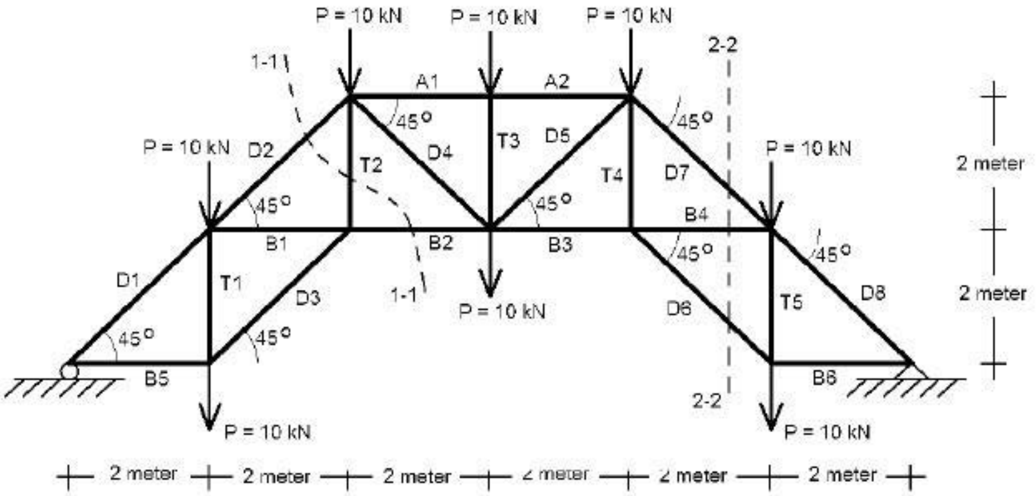
(ii). Menghitung gaya-gaya batang pada potongan 1-1 :



$$\sum M_D = 0 \qquad V_A.2 - P.1 + D_3.\sin 26{,}565^\circ.1 + D_3.\cos 26{,}565^\circ.1 = 0$$
$$25.2 - 10.1 + 1{,}341\, D_3 = 0$$
$$D_3 = -29{,}828 \text{ kN (batang tekan)}$$
$$\sum V = 0 \qquad V_A - P - P + D_3.\sin 26{,}565^\circ + D_4.\sin 63{,}435^\circ = 0$$
$$25 - 10 - 10 + (-29{,}828).\sin 26{,}565^\circ + D_4.\sin 63{,}435^\circ = 0$$
$$D_4 = 9{,}316 \text{ kN (batang tarik)}$$
$$\sum H = 0 \qquad D_3.\cos 26{,}565^\circ + D_4.\cos 63{,}435^\circ + B_2 = 0$$
$$(-29{,}828).\cos 26{,}565^\circ + 9{,}316.\cos 63{,}435^\circ + B_2 = 0$$
$$B_2 = 22{,}5 \text{ kN (batang tarik)}$$

Tugas Kelompok

Diketahui : Sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut.



Ditanyakan : Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang D2, T2, B2, D6, D7 dan B4 dengan menggunakan metode potongan.

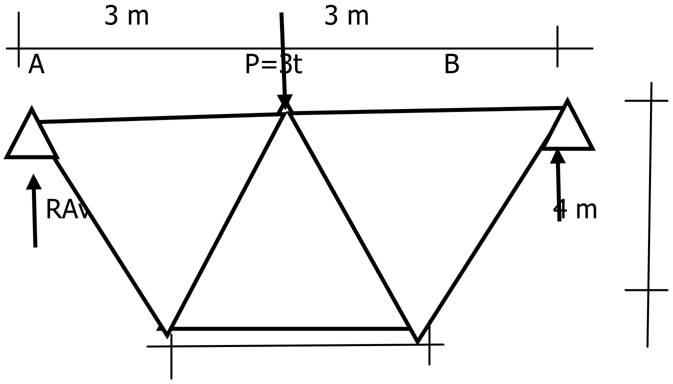
C. Analisis Gaya Pada Rangka Batang/Truss Statis Tertentu, Metode Cremona

Beban-beban yang disebabkan oleh berat sendiri (penutup atap), tekanan angin, berat gording dan berat lainnya, dipindahkan oleh gording pada kuda-kuda. Maka pada konstruksi diusahakan agar gording terpasang tepat diatas titik simpul, sehingga beban-beban tersebut dapat dianggap sebagai suatu beban setempat diatas titik simpul. Biasanya gaya-gaya batang ditentukan dengan pertolongan diagram Cremona, baik untuk beban tegak maupun tekanan angin.

Hasil dari perhitungan Cremona biasanya dibuatkan suatu daftar, sehingga dapat ditentukan besarnya gaya-gaya batang dengan jalan berbagai gabungan beban.

Contoh :

1. Hitunglah gaya-batang pada rangka batang seperti pada gambar berikut :



∑ H=0, ∑ V=0, ∑ M=0,

∑ MA = 0, + 3t . 3m – RBv . 6m = 0,

+ 9 tm – 6m.RBv = 0,

RBv = $\frac{-9tm}{-6m}$ = + 1,5 t

∑ MB = 0, - 3t . 3m + RAv . 6m = 0,

- 9 tm + 6m.RAv = 0,

RAv = $\frac{+9tm}{+6m}$ = + 1,5 t

Ketentuan :

Tentukanlah reaksi pada tumpuan (RAv, RBv)

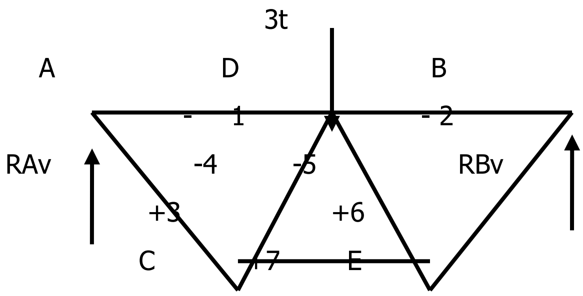
Gambar diagram vektor Cremona dengan urutan gaya-gaya dimulai dari salah satu perletakan, lalu memutar keliling rangka dengan arah putaran searah putaran jarum jam.

Lukislah gaya-batang dimulai dari titik-simpul yang hanya mempunyai maksimal dua gaya-batang yang belum diketahui.

Buat daftar konstruksi untuk memudahkan dalam mengamati gaya-batangnya.

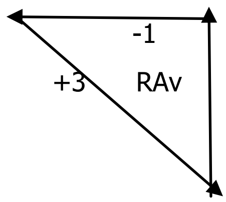
Gaya batang dengan arah <u>menjauhi titik simpul</u> dinyatakan sebagai <u>gaya-tarik (+)</u>

Gaya batang dengan arah <u>menuju titik simpul</u> dinyatakan sebagai <u>gaya-tekan (-)</u>

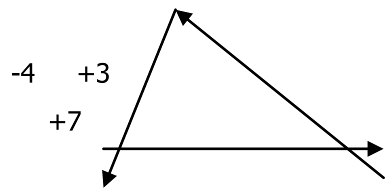


Dasarnya dari diagram Cremona ialah dengan cara : Keseimbangan gaya-gaya di titik simpul. Dengan demikian digambar segi-tiga vektor, atau segi-banyak vektor di tiap titik simpul.

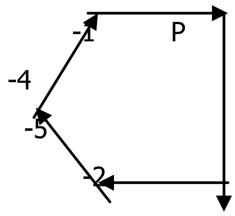
1. Titik simpul A :



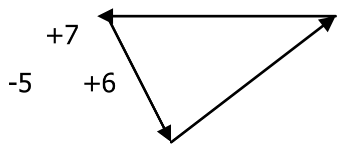
2. Titik simpul C :



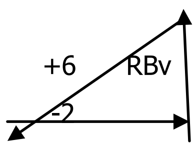
3 Titik simpul D :



4. Titik simpul E :



5 Titik simpul B :

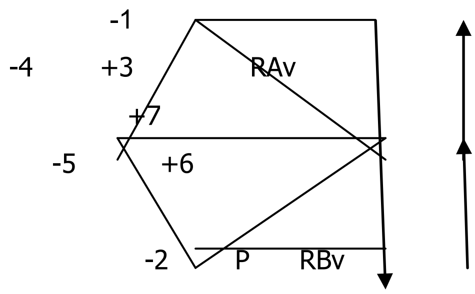


Catatan :

Bila diagram-diagram gaya tersebut digabungkan menjadi 1 lukisan tunggal, maka diagram gaya-gaya tsb. disebut diagram **Cremona**.

Skala panjang : 1 cm : 1 m

Skala gaya : 1 cm : 1 ton



DAFTAR KONSTRUKSI :

Titik simpul	Segibanyak gaya
A	(RAv) – 1- 3
C	(3) – 4 – 7
D	(4) – (1) – (P) – 2 – 5
E	(7) – (5) - 6
B	(RBv) – (6) – (2)

Catatan : setiap gaya batang hanya dilukis satu kali, selanjutnya Cremona harus menutup.

DAFTAR GAYA-BATANG AKIBAT BEBAN LUAR P :

No. Batang	Akibat beban luar P	
	Gaya tarik (+) kg	Gaya tekan (-) kg
1	-	1500
2	-	1500
3	2150	-
4	-	1700
5	-	1700
6	2150	-
7	2250	-

Contoh :

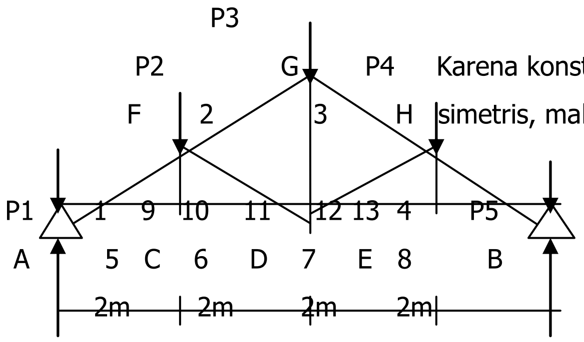
Suatu konstruksi kuda-kuda dari kayu (pada gambar) dengan beban sebagai berikut

P1 = P5 = 300 kg

P2 = P3 = P4 = 600 kg

Kemiringan atap = 30^0

Hitunglah gaya-gaya batang 1 s/d 13



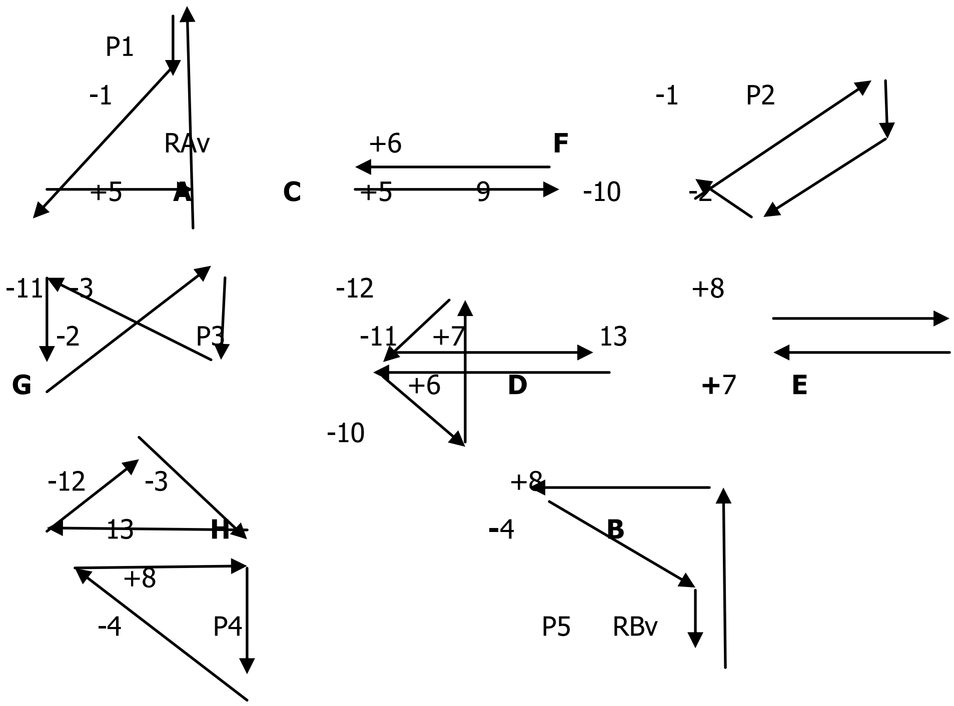
Karena konstruksi dan pembebananya simetris, maka reaksi di A =reaksi di B

$$RAv = RBv = \frac{1}{2}\ (P1+P2+P3+P4+P5)$$

$$RAv = RBv = \frac{1}{2}\ (300+600+600+600+300) = 1200\ kg$$

Daftar konstruksi gaya-luar :

RAv – P1 – P2 – P3 – P4 – P5 – RBv (skala gaya 1 cm : 1 m)



DAFTAR KONSTRUKSI :

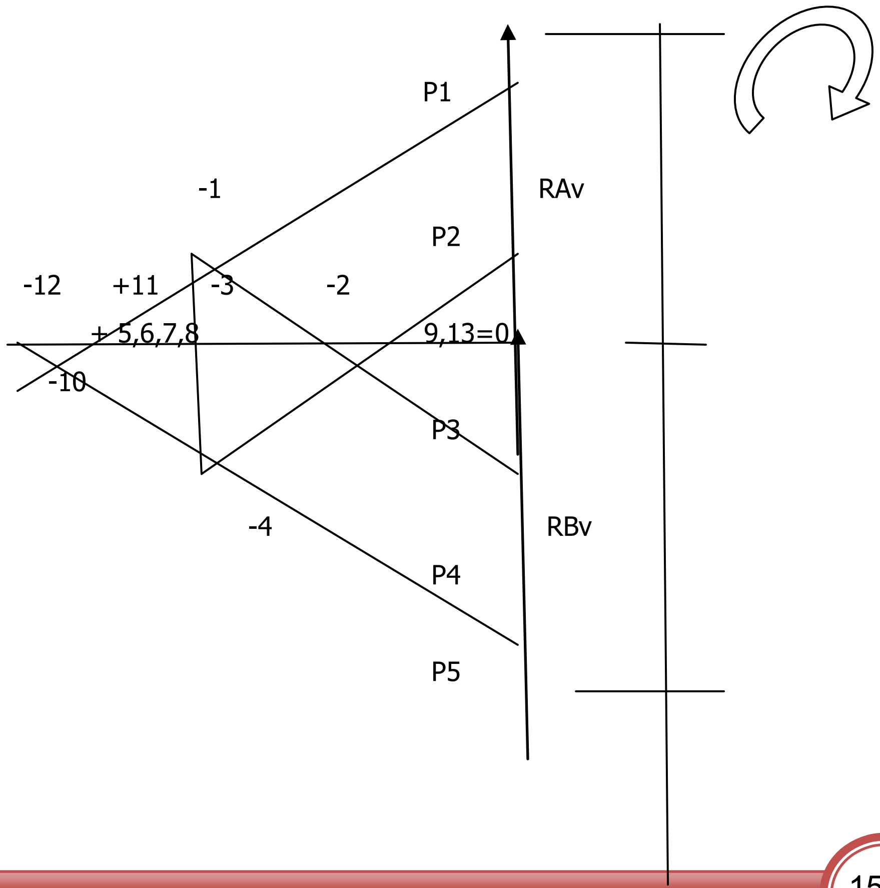
Titik simpul	Segibanyak gaya
A	(RAv) – (P1) – 1 - 5
C	(5) – 9 – 6
F	(1) – (P2) – 2 – 10

G	(2) – (P3) – 3 - 11
D	(6) – (10) – (11) – 12 – 7
E	(7) – 13 – 8
H	(13) – (12) – (3) – (P4) – 4 – 8
B	(RBv) – (8) – (4) – (P5)

DAFTAR GAYA-BATANG AKIBAT BEBAN LUAR P :

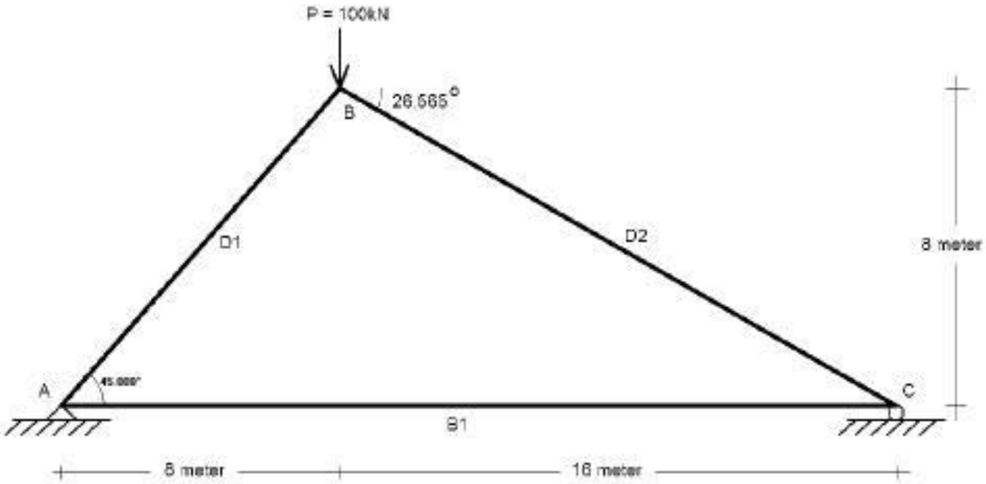
No. Batang	Akibat beban luar P	
	Gaya tarik (+) kg	Gaya tekan (-) kg
1 = 4	-	1770
2 = 3	-	1155
5 = 6	1515	-
7 = 8	1515	-
9 = 13	0	-
10 = 12	-	600
11	570	-

Diagram Cremona :



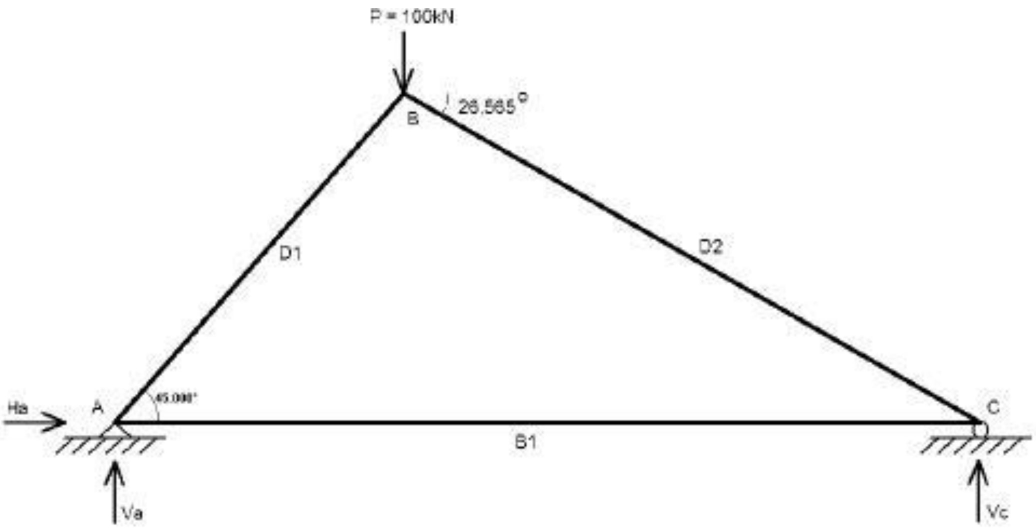
Contoh Soal

1. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode cremona.



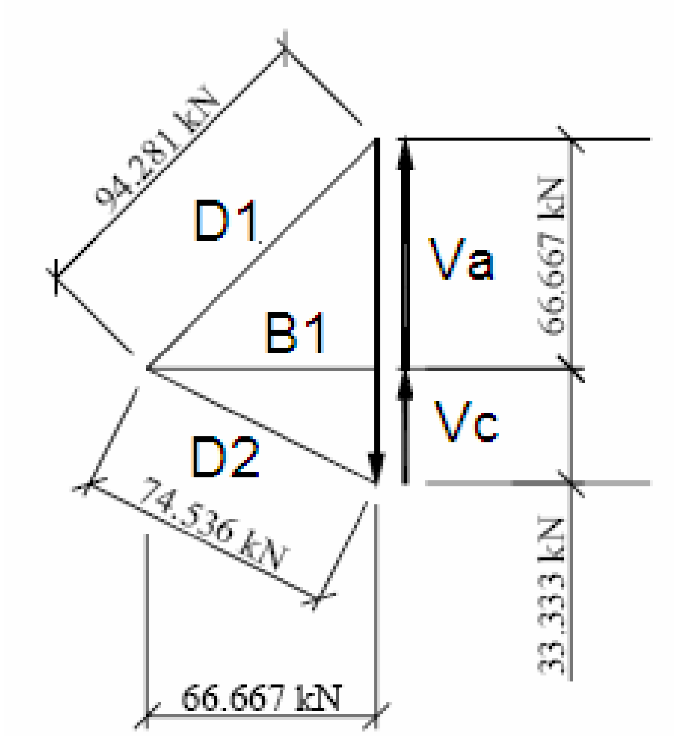
Penyelesaian :

(i). menghitung reaksi-reaksi perletakan.



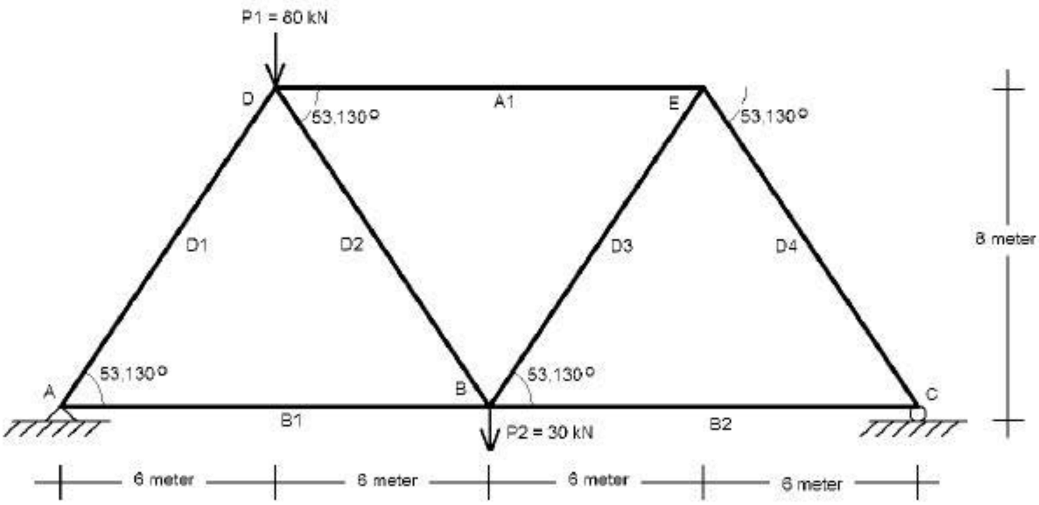
$$\sum M_c = 0 \qquad V_A.24 - P.16 = 0$$
$$V_A = 66{,}6667 \text{ kN } (\uparrow)$$
$$\sum M_A = 0 \qquad -V_C.24 + P.8 = 0$$
$$V_C = 33{,}3333 \text{ kN } (\uparrow)$$
$$\sum H = 0 \qquad H_A = 0$$
$$\sum V = 0 \qquad V_A + V_C - P = 0 \qquad \text{cek ok!}$$

(ii). Penyelesaian diagram cremona.



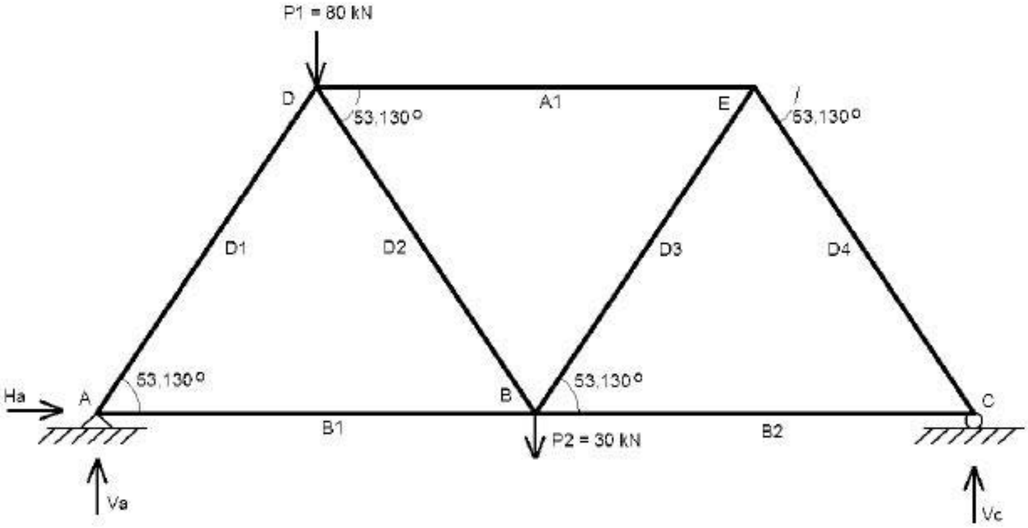
Batang	Gaya Batang (kN)	Keterangan
D1	-94,28	Batang Tekan
D2	-74,54	Batang Tekan
D3	66,67	Batang Tarik

2. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode cremona.



Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan.



$$\sum M_c = 0 \qquad V_A.24 - P_1.18 - P_2.12 = 0$$

$$V_A = 75 \text{ kN } (\uparrow)$$

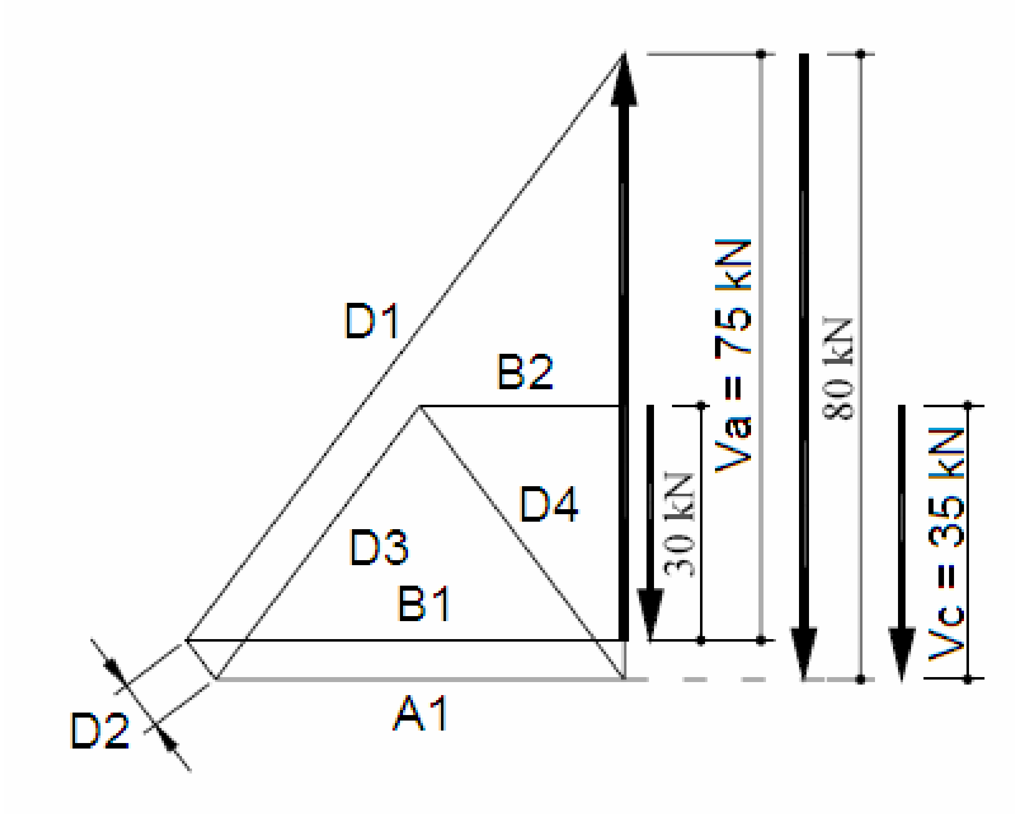
$$\sum M_A = 0 \qquad -V_C.24 + P_1.6 + P_2.12 = 0$$

$$V_C = 35 \text{ kN } (\uparrow)$$

$$\sum H = 0 \qquad H_A = 0$$

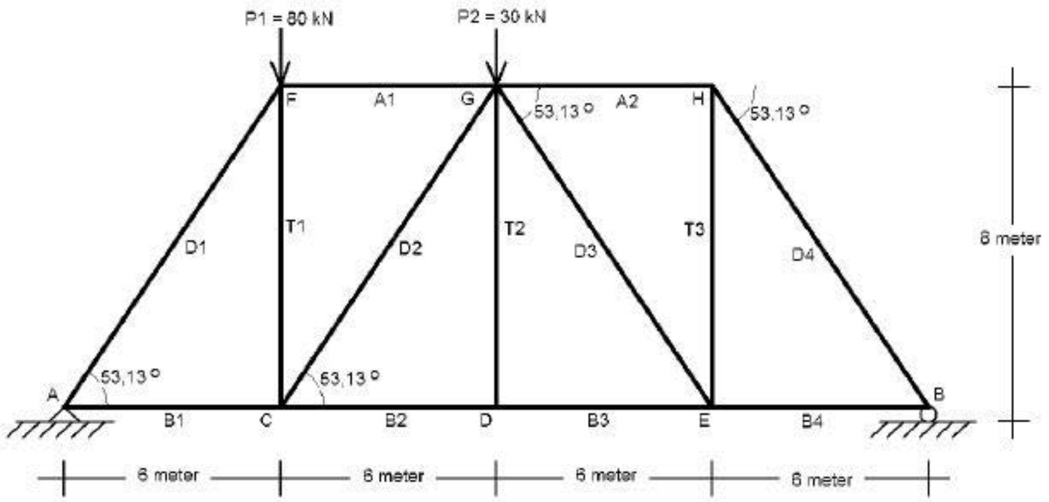
$$\sum V = 0 \qquad V_A + V_C - P = 0 \qquad \text{cek ok!}$$

(ii). Penyelesaian diagram cremona.



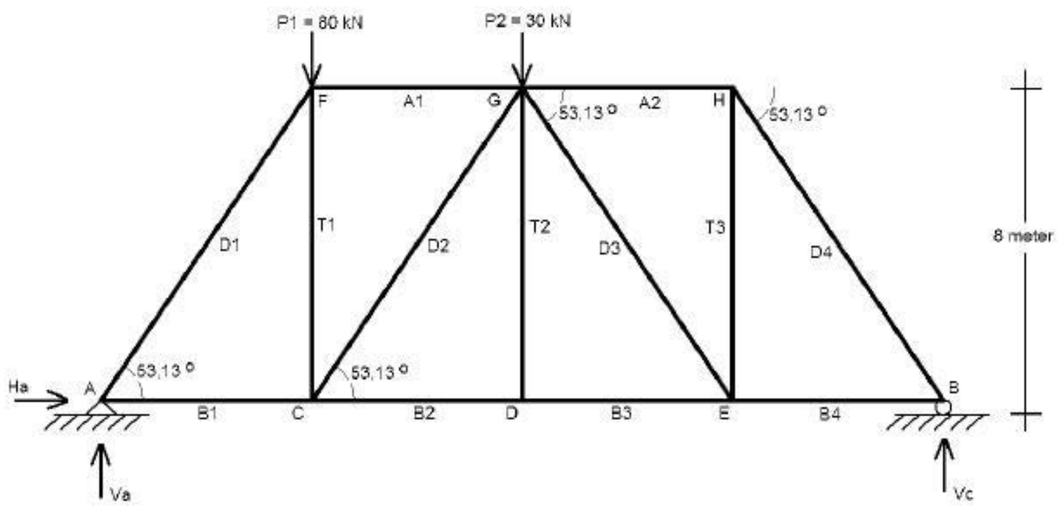
Batang	Gaya Batang (kN)	Keterangan
A1	-52,50	Batang Tekan
D1	-93,75	Batang Tekan
D2	-6,25	Batang Tekan
D3	+43,75	Batang Tarik
D4	-43,75	Batang Tekan
B1	+56,25	Batang Tarik
B2	+26,25	Batang Tarik

3. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode cremona.



Penyelesaian :

(i). Menghitung reaksi-reaksi perletakan.



$$\sum M_c = 0 \qquad V_A.24 - P_1.18 - P_2.12 = 0$$

$$V_A.24 - 80.18 - 30.12 = 0$$

$$V_A = 75 \text{ kN } (\uparrow)$$

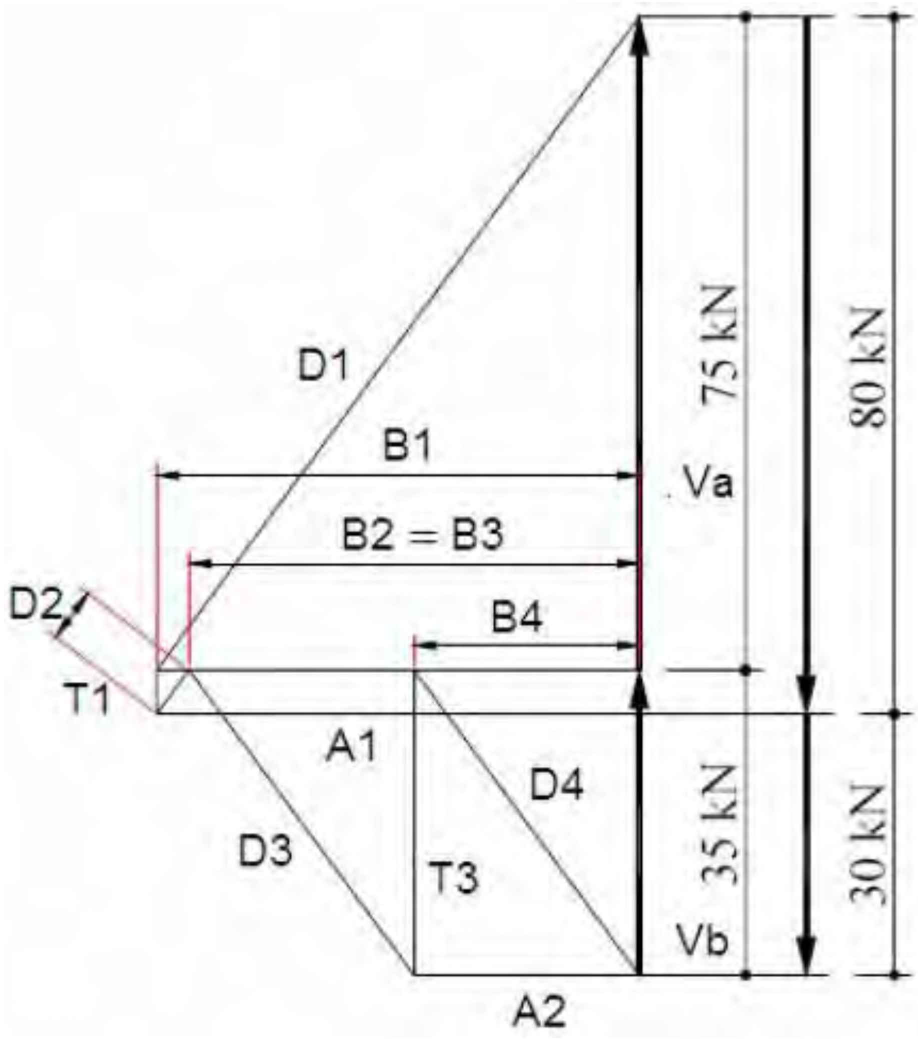
$$\sum M_A = 0 \qquad -V_C.24 - P_2.18 - P_1.12 = 0$$

$$-V_C.24 - 30.18 - 80.12 = 0$$

$$V_C = 35 \text{ kN } (\uparrow)$$

$$\sum H = 0 \qquad H_A = 0$$

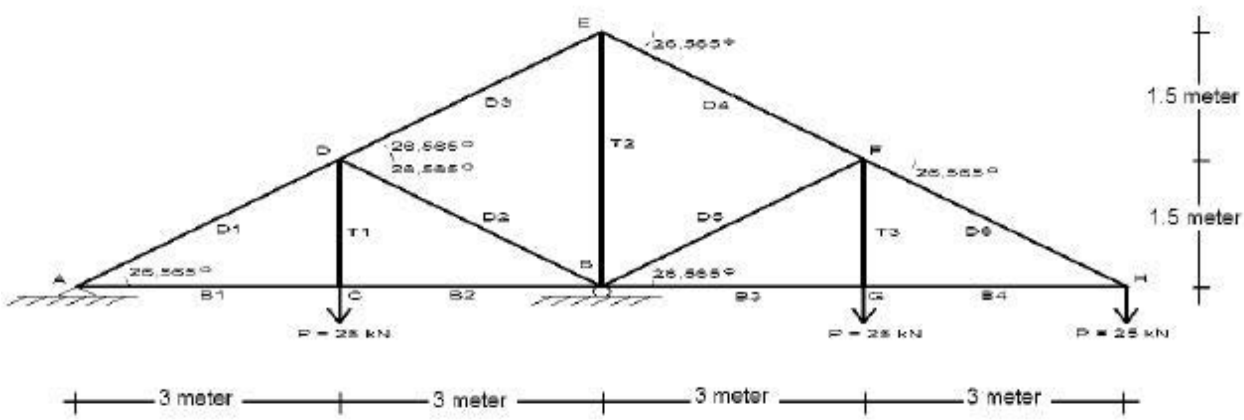
$$\sum V = 0 \qquad V_A + V_C - P = 0 \qquad \text{cek ok!}$$



Batang	Gaya Batang (kN)	Keterangan
A1	-56,25	Batang Tekan
A2	-26,25	Batang Tekan
D1	-93,75	Batang Tekan
D2	+6,25	Batang Tarik
D3	-43,75	Batang Tekan
D4	-43,75	Batang Tekan
T1	-5	Batang Tekan
T2	0	-
T3	+35	Batang Tarik
B1	+56,25	Batang Tarik
B2	+52,5	Batang Tarik
B3	+52,5	Batang Tarik
B4	+26,25	Batang Tarik

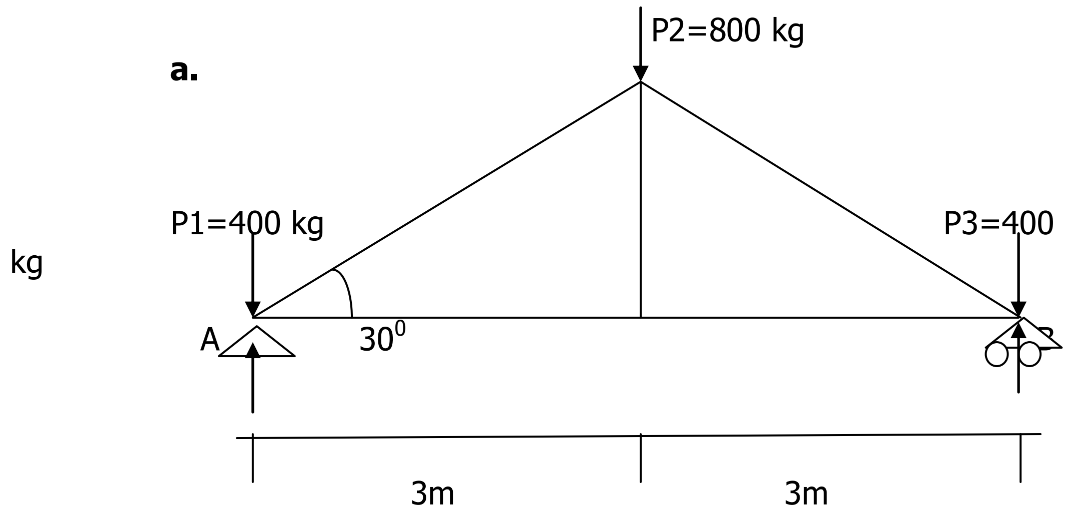
Tugas

1. Diketahui sebuah rangka batang statis tertentu dengan bentuk, pembebanan dan perletakan sendi-rol seperti terlihat pada gambar berikut. Hitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya batang dengan menggunakan metode cremona.

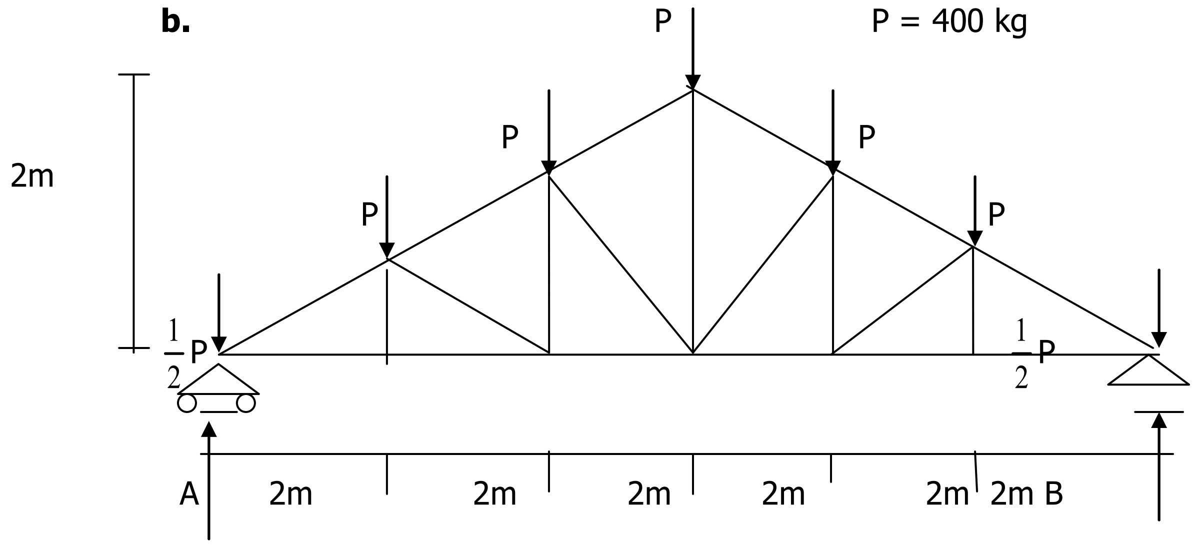


2. Tentukanlah besarnya gaya-gaya batang pada rangka bangunan seperti pada gambar berikut, dengan metode perhitungan **Cremona**, dan **Ritter**

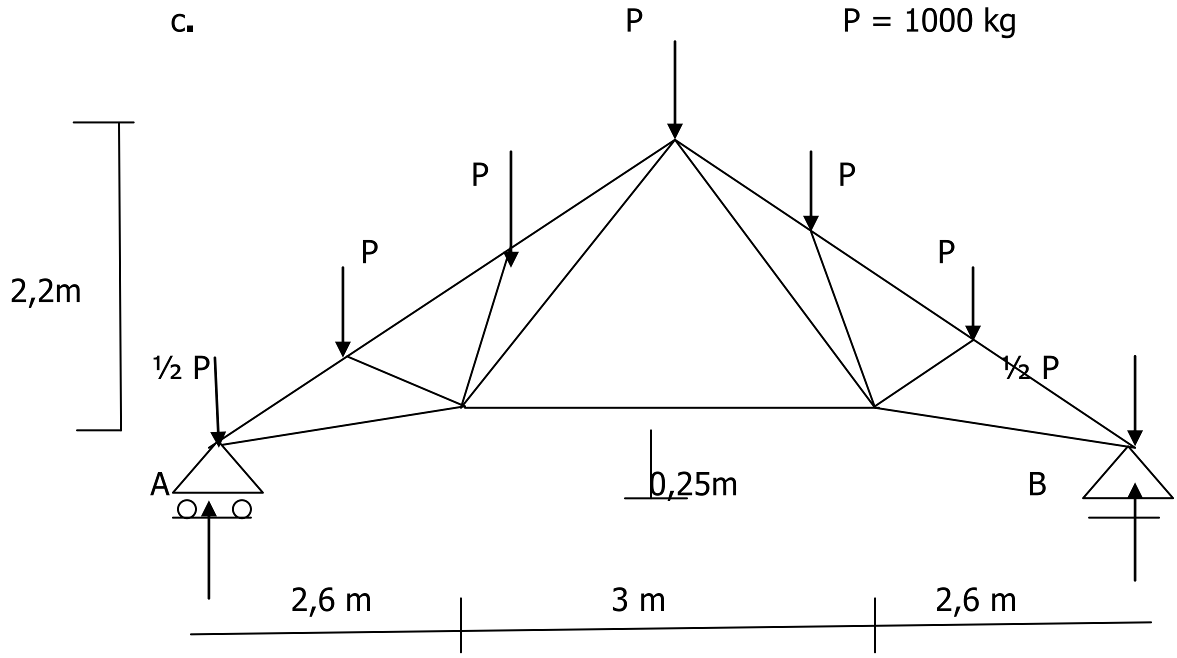
a.



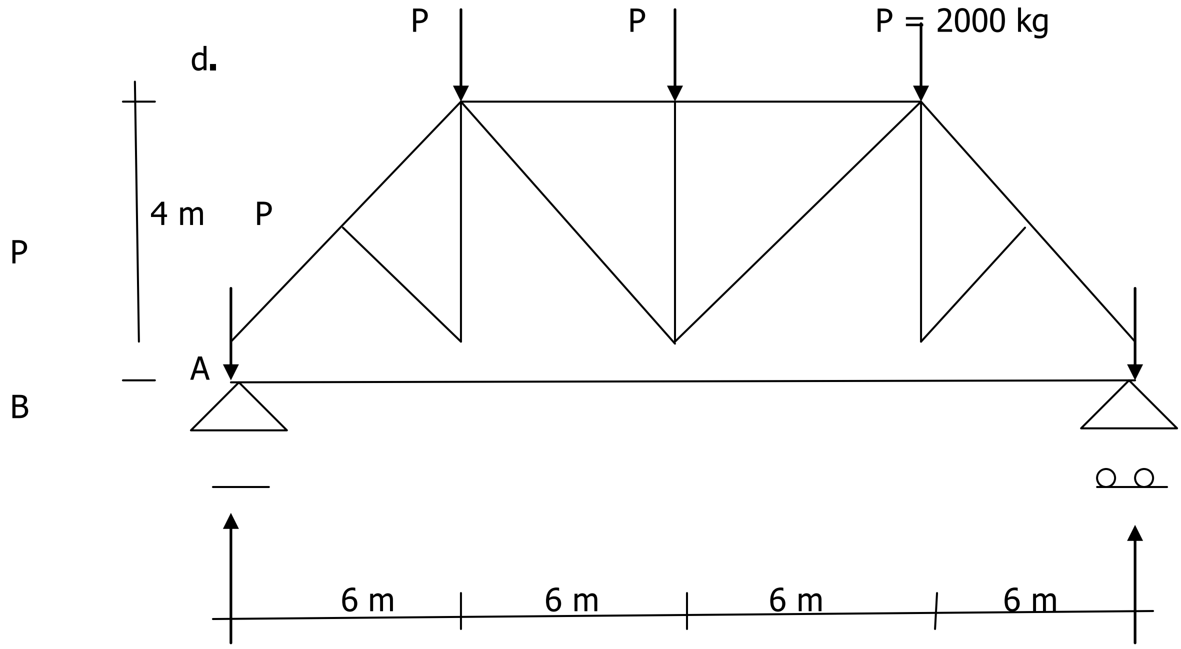
b.


P
P = 400 kg
2m
P
P
P
P
1/2 P
1/2 P
A
2m
2m
2m
2m
2m
2m B

c.


P
P = 1000 kg
P
P
P
P
2,2m
½ P
½ P
A
0,25m
B
2,6 m
3 m
2,6 m

d.



DAFTAR PUSTAKA

......2011.Modul Perhitungan Kekuatan Konstruksi Bangunan Sederhana (PKKBS), SMK Negeri 2 Sragen,

Fajar Ginanjar. 2008. Laporan fisika contoh penerapan konsep titik berat dalam kehidupan sehari-hari

Mulyati. Bahan Ajar Statika.

Yasin, Presentasi bahan ajar: Ilmu Statika Dan Tegangan Balok Sederhana. SMK N 2 Samarinda

Yosafat Aji Pranata. Responsi Statika dan Mekanika Bahan 2

http://ansuf.blogspot.com/2012/11/diagram-momen-tegangan-terpusat-pada.html#.Um9eU3Dwlic

http://bloginfotekniksipil.blogspot.com/2013/05/besaran-dan-sistim-satuan.html

http://civil-network.blogspot.com/2013/04/contoh-soal-beban-merata.html

http://design-milk.com/stokke-zero-gravity-chair/

http://gudangroster.blogspot.com/2012_04_01_archive.html

http://kuliahmekanikateknik.blogspot.com/2011/08/gaya-luar-dan-gaya-dalam.html

http://myjihadsoul.wordpress.com/2012/03/01/analisis-gaya-pada-rangka-batangtruss/#comments

http://www.exploratorium.edu/structures/

http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig/lab/loads.html